Untersuchungen

über

Ausbildung, Wachstumsweise und mechanische Leistung der Koleoptile der Getreide.

Von der K. Technischen Hochschule zu München

zur Erlangung der Würde eines

Doktors der technischen Wissenschaften

genehmigte Dissertation.

Vorgelegt von

Edmund Baumann.

Referent: Geh. Hofrat Prof. Dr. Karl Kraus.

Korreferent: Geh. Hofrat Prof. Dr. Ritter Franz v. Soxhlet

Tag der mündlichen Prüfung:
20. Dezember 1910

1911

Verlagsbuchhandlung und Graph. Kunstanstalt Jos. C. Huber.

Untersuchungen

über

Ausbildung, Wachstumsweise und mechanische Leistung der Koleoptile der Getreide.

Von der K. Technischen Hochschule zu München

zur Erlangung der Würde eines

Doktors der technischen Wissenschaften

genehmigte Dissertation.

ACAD.
LVDB.BAT.
BIBL.

Vorgelegt von

Edmund Baumann.

Referent:
Geh. Hofrat Prof. Dr. Karl Kraus.

Korreferent:
Geh. Hofrat Prof. Dr. Ritter Franz v. Soxhlet.

Tag der mündlichen Prüfung:
20. Dezember 1910

1911

Verlagsbuchhandlung und Graph. Kunstanstalt Jos. C. Huber.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555418_0031

Meinem hochverehrten Lehrer
Herrn Geh. Hofrat Prof. Dr. K. KRAUS
sei für die Anregung und Förderung der Arbeit der ergebenste Dank an dieser Stelle ausgesprochen.

Inhalts-Verzeichnis.

Seite

Einleitung 5

I. Die Ausbildung und Wachstumsweise der Koleoptile.

Art der Versuchsanstellung 9

A. Ausbildung und Wachstum der Keimscheide in der Luft unter Lichtabschluss.

a. Das Längenwachstum 11
b. Streckungsdauer und Wachstumsgeschwindigkeit . . . 17
c. Querschnittsausbildung der Koleoptile 23

B. Ausbildung und Wachstum der Keimscheide unter Erdbedeckung bei Lichtabschluss.

1. Dunkelversuche mit fortgesetzter Erdauflagerung 30
2. Dunkelversuche im sehr feuchten Raum und bei verschiedenen Temperaturen 32

C. Das Wachstum der Keimscheide bei verschiedener Intensität der Belichtung und verschiedener Saattiefe 35

D. Verlauf der Streckung der Keimscheide in Bezug auf die Zone stärksten Wachstums unter verschiedenen Bedingungen 39
Einfluss von Temperaturunterschieden 42
Streckungsunterschiede bei Körnern verschiedenen Gewichts . 44

II. Die Faktoren des mechanischen Wertes und die Grösse der mechanischen Leistung der Koleoptile.

A. Die Faktoren des mechanischen Wertes der Koleoptile . 47
Die Abänderung in den mechanischen Faktoren nach Gattung, Sorte, Saatkorngrösse, Belichtung und Saattiefe 51

B. Die Grösse der mechanischen Leistung der Keimscheide.
Allgemeines 55
1. Perforationsversuche 60
2. Durchwachsungsversuche 62
Keimkraftapparat von E. Scharf 66
Zusammenfassung und Schluss 69

Einleitung.

Die erste Bedingung zur Erzielung eines guten Pflanzenbestandes ist selbstverständlich die, daß das ausgesäte Material zum richtigen Auflaufen kommt. Je nach Umständen geht aus dem Saatgut eine größere oder geringere Zahl von Pflanzen hervor, diese erscheinen rascher oder langsamer, gleichmäßiger oder ungleichmäßiger, in kräftigem oder schwächlichem Zustande über der Erdoberfläche, mit Unterschieden hierin, die sich oft recht auffällig bemerkbar machen und von erheblichem Einfluß auf den Ertrag sein können.

Die Faktoren, welche das Auflaufen beherrschen, sind teils innere, durch die Besonderheiten der Pflanzen selbst gegebene, teils äußere. Der Pflanzenkeim ist zur Durchdringung der Erde mit verschiedenen Mitteln ausgestattet, je nach der Zugehörigkeit zu einer systematischen Gruppe. Aber bei gleichen Grundzügen der Organbeschaffenheit und Wachstumsweise bestehen innerhalb kleiner und kleinster Gruppen wieder wesentliche Differenzen in der Durchdringung der Erde, und schließlich verleihen individuelle Besonderheiten dem einen Keim ein größeres Durchdringungsvermögen als dem andern. Die äußeren Faktoren beeinflussen das Auflaufen teils insofern, als sie den Verlauf derjenigen Wachstumsvorgänge modifizieren, welche das Durchdringen der Erde und die dabei sich äußernden Kräfte bestimmen, teils insofern, als von ihnen Art und Größe der Widerstände abhängig ist, die der Keimling zu überwinden hat.

Die Kohäsionsverhältnisse des Bodens können ja sehr verschieden und demnach dem Auflaufen mehr oder weniger günstig sein, und durch geeignete Kulturmaßnahmen,

wie Bodenvorbereitung, Saatzeit und Saatweise und ganz besonders durch die Unterbringung der Saat in einer ihren Anforderungen und den Verhältnissen entsprechenden Tiefe kann in hohem Maße das rasche, vollkommene und kräftige Auflaufen gefördert werden.

Von Untersuchungen, welche darauf ausgehen, zu einem tieferen Verständnis der Faktoren zu gelangen, die beim Auflaufen der Saaten zur Wirkung kommen, liegen nur wenige vor. Meist begnügte man sich damit, die unter verschiedenen äußeren Bedingungen, hauptsächlich bei verschiedener Beschaffenheit des Bodens und verschieden tiefer Aussaat, zu Tage tretenden Unterschiede im Auflaufen hinsichtlich der Zahl der Pflanzen und der Zeitfolge, in der sie über der Erde erscheinen, festzustellen, während die physiologischen Verhältnisse selbst, deren Kenntnis erst das wissenschaftliche Verständnis bringen konnte, eine zureichende Aufklärung bis jetzt noch nicht gefunden haben. Eine zusammenfassende Darstellung des Auflaufens und der Entwicklung der Pflanzen bei verschieden tiefer Saat findet sich bei Wollny.[1]) Die Darstellung beschränkt sich nicht auf die Mitteilungen von Versuchsergebnissen, sie behandelt auch, soweit damals tunlich, die physiologischen Ursachen der gewonnenen Tatsachen. Von späteren Untersuchungen sind hier einschlägig jene von Stößner,[2]) Schellenberg[3]) und Niggl.[4])

Nach den Ermittlungen des letztgenannten Autors bestehen im Verhalten beim Auflaufen aus verschiedenen Saattiefen nicht nur Unterschiede bei den verschiedenen Getreidearten, sondern auch bei verschiedenen Sorten der gleichen Art.

Er macht auch schon für einen Fall (bei Roggen) darauf aufmerksam, daß bei diesen Unterschieden Besonderheiten der Keimscheide beteiligt sind.

Daß die Keimscheide der Getreide das natürliche Schutzmittel für die Blattknospe der Keimpflanze und das Bohrorgan bei der Durchdringung der Erde bis zum Hervor-

---

[1]) Wollny: Saat und Pflanze der landwirtschaftlichen Kulturpflz. 1885 S. 513 ff.
[2]) Stössner: Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Saattiefen. Landwirtschaftliche Jahrbücher 1887. Bd. 16, S. 34
[3]) Schellenberg: Untersuchungen über die Lage der Bestockungsknoten beim Getreide. Festschrift Kraemer 1902.
[4]) Niggl: Untersuchungen über die Wachstumsvorgänge bei den Getreiden unter dem Einfluß verschiedener Saattiefen. Dissertation München 1907.

treten an die Erdoberfläche ist, ist bekannt.[1]) Wenn hierin typische Unterschiede bestehen, so ist damit jedenfalls wenigstens eine der Ursachen gegeben, welche bei dem unterschiedlichen Verhalten verschiedener Getreide in Bezug auf das Auflaufen bestimmend sind. v. Weinzierl hat kürzlich eine Untersuchung veröffentlicht,[2]) aus der hervorgeht, daß tatsächlich das Vermögen verschiedener Getreide verschieden ist, mit den Keimscheiden feste Medien (in seinen Versuchen Stanniol) zu durchbohren.

Die vorliegenden Untersuchungen befassen sich mit der mechanischen Funktion der Keimscheide (Keimblattscheide, Koleoptile) der Getreide. Die mechanische Leistung sollte in die wirksamen Elemente zergliedert werden, soweit für den Zweck der Arbeit erforderlich schien, nämlich zu einem besseren Verständnis der Vorgänge des Auflaufens der Getreide und der dabei in der Praxis zu beachtenden Unterschiede im Verhalten von Arten und Sorten in Bezug auf die maßgebenden Ursachen einen Beitrag zu liefern. Auch stand in Frage, ob sich Anhaltspunkte für züchterische Zwecke finden ließen, nämlich in dem Sinne, daß bei den Züchtungsauslesen auch die Eigenschaft des kräftigen und raschen Auflaufens bei schwierigen Bodenverhältnissen und Bodenzuständen in Betracht zu ziehen wäre.

Die Untersuchungen sollten zunächst ermitteln, wie es sich mit Beschaffenheit und Wachstumsweise der Koleoptile bei verschiedenen Getreiden und auch bei verschiedener Saatqualität ein und derselben Sorte verhält, welche Abänderungen hierin unter verschiedenen äußeren Bedingungen zum Vorschein kommen, und welche Folgen alle diese Verhältnisse für den mechanischen Wert der Keimscheide mit sich bringen. Weiter war zu versuchen, zu einer annähernden Vorstellung von der Größe der mechanischen Leistung der Keimscheiden und den hierin bestehenden Abstufungen zu gelangen.

Wie sich bald nach Beginn der Untersuchungen und Versuche ergab, obwaltet bei den hierher gehörigen Erscheinungen eine überaus große Mannigfaltigkeit, welche, wenn

---

[1]) Vergl. G. Haberlandt, die Schutzeinrichtungen in der Entwicklung der Keimpflanze. 1877. G. Klebs: Beiträge zur Morphologie u. Biologie der Keimung S. 570 u. 608.
[2]) Von Weinzierl: Die Mechanik der Embryoentfaltung bei den Gramineen. Festschrift Wiesner, Wien 1908.

die Arbeit in absehbarer Zeit abgeschlossen werden wollte, zwei Wege offen ließ: entweder es waren einzelne Punkte herauszugreifen und eingehendst zu verfolgen, oder man mußte darauf ausgehen, zunächst eine weitergehende Orientierung auf diesem Gebiete anzustreben und sich bei den Einzeluntersuchungen zu beschränken. Da die Behandlung der einzelnen Punkte aber doch wieder durch einen allgemeinen Ueberblick erleichtert und gefördert wird, so wurde der zweite Weg vorgezogen. Die Untersuchungen werden übrigens auch nach der praktischen Seite weiterhin ihre Fortsetzung finden.

I.

Die Ausbildung und Wachstumsweise der Koleoptile.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf verschiedene Sorten und Zuchten von Weizen, Roggen, Gerste und Hafer.

Die Kulturen befanden sich unter verschiedenen Bedingungen:

1. Die auf der Oberfläche von feuchtgehaltenem Sand oder Erde keimenden Körner entwickelten die Keimscheide frei in der Luft, teils in einem lichtdicht schließenden Kasten, teils in einer Dunkelkammer, in beiden Fällen bei unbedeckten Keimgefäßen (Kulturen a_1), teils im Dunkeln in Erde mit fortgesetzter Erdbedeckung (Kulturen a_2). Die Temperatur war bei beiden Gruppen der Kulturen eine schwankende.

2. Die Körner wurden in Erde ausgelegt. Die eine Hälfte der Keimlinge wurde ohne Erdbedeckung im Dunkeln wachsen gelassen, so daß also das Wachstum ihrer Koleoptilen in der Luft erfolgte (Kulturen b_1). Die andere Hälfte der Keimlinge der gleichen Gefässe wurde zunehmend mit Erde bedeckt, nämlich derart, daß die Koleoptile entsprechend ihrem fortschreitenden Wachstum immer bis zu ihrer Spitze mit Erde bedeckt war (Kulturen b_2). Diese Kulturen kamen in einen lichtdicht schließenden Schrank, wobei eine Temperatur von 18° konstant erhalten wurde. (Hauptversuche).

3. Die Keimlinge wuchsen unter verschiedenen in Abschnitt B näher bezeichneten Bedingungen unter Einwirkung des Lichtes.

Es wurden bestimmt:

a. Die Längen, welche die Keimscheiden erreichten, bis sie vom ersten Laubblatt durchbrochen wurden.[1])

---

[1]) Nach H. Schröder (Ueber den Einfluß von Außenfaktoren auf die Koleoptilenlänge bei Oryza sativa und einigen anderen Gramienen, Berichte d. D. B. Ges XXVIII (1910) S. 38), kommt das Wachstum der Koleoptile (beobachtet bei Avena; Flora Bd. 99 S. 159) mit dem Durchbrechen der Plumula nicht sofort zum Stillstand. Biologisch ist aber der Zeitpunkt des Durchbrechens entscheidend.

b) Die Zeitdauer (gesamte Streckungsdauer) bis dahin, bezw. die Wachstumsgeschwindigkeit.

c) Die Größe und Form des Scheidenquerschnittes, die Gesamtform der Scheide und im besondern die Form ihrer Spitze.

d) Die Zone der stärksten Streckung.

Ein Mangel der Bestimmungen ist die geringe Anzahl der jeweils gemessenen Keimlinge (meistens 10 bis höchstens 30). Nachdem sich gezeigt hatte, daß schon unbeträchtliche Unterschiede in den Korngewichten wesentliche Unterschiede im Wachstum der Keimscheide veranlaßten, wurden möglichst gleich schwere Körner ausgesucht. Trotzdem war in der Mehrzahl der Versuche das Einzelwachstum noch kein befriedigend gleichmäßiges, besonders nicht bei den ungezüchteten Sorten. Soweit bei diesen nicht Formenmischungen vorhanden waren, waren wenigstens Linienmischungen vorhanden, und letzteres gilt auch für die Versuchs-Zuchtsorten. Da recht wohl möglich ist, daß linienweise Unterschiede in Wachstum und Ausbildung der Keimscheiden bestehen, so wird man weiterhin mit Körnern reiner Linien zu arbeiten haben. Um über diese durch die Ungleichartigkeiten des Sortenmaterials gegebenen Schwierigkeiten hinweg zu kommen, hätte man mit sehr großen Kulturen von sehr zahlreichen Keimlingen in jedem Einzelversuch arbeiten müssen, wobei aber wieder die Schwierigkeit entstand, die äußeren Bedingungen, auf welche die Keimscheiden sehr empfindlich reagieren, annähernd gleichmäßig zu erhalten, besonders da immer gleichzeitig eine Mehrzahl solcher Kulturen anzustellen war. Ungleichartigkeiten des Saatmaterials hätten sich aber auch hierbei störend bemerkbar machen müssen. Um angesichts dieser Schwierigkeiten doch das Ziel der umfänglichen Orientierung zu erreichen, wurde so verfahren, daß aus jeder Kultur nur die verhältnismäßig gleichmäßigst gewachsenen und darnach ausgesuchten Keimlinge zu den Messungen verwendet wurden. Konnten so die Einzelmittel als zuverlässig angesehen werden, so litt offenbar deren Vergleichbarkeit, weshalb Schlüsse nur mit großer Vorsicht zu ziehen waren, und die Ergebnisse mehrfach nur den Wert einer vorläufigen Orientierung beanspruchen können. Jedoch schien die Mitteilung aller Ergeb-

nisse angezeigt, da sich daraus brauchbare Anhaltspunkte für weitere einschlägige Versuche ergeben.

A. Ausbildung und Wachstum der Keimscheide in der Luft unter Lichtabschluss.

a) Das Längenwachstum. (Tabelle I.)

Für die folgenden Vergleichungen sind hauptsächlich die Ergebnisse der Versuchsreihe b_1 verwendet, jene der Reihe a_1 dagegen nur soweit, als gemäß kritischer Betrachtung zulässig erschien.

Unter den Bedingungen der Kulturen b_1 erreichten die Koleoptilen im Mittel folgende Längen: (mm).

1. Winterweizen.

Strubes Square head	Cimbals Elite Square head	Beseler Square head	Buhlendorfer braunkörn. Squ. h.	Molds red prol fic	Hallets pedigree	Rimpaus Bastard	Nordstrandweizen
49,0	50,6	49,6	48,2	55,2	54,2	44,0	56,2
	I. 49,35			II.	51,13		

Märkischer Landweizen	Straubinger Weizen	Fürstenfelder Weizen	Mittel (Gesamt)
50,4	50,0	54,2	51,1
III.		52,70	

Die sortenweisen Unterschiede bewegen sich in mäßigen Grenzen. Unterschiede bis etwa zu 3 mm fallen in die Fehlergrenzen.[1])

Besonders kurz waren die Keimscheiden von Rimpaus Bastardweizen und besonders lang die des Nordstrandweizens. Versuchsweise nach Gruppen zusammengezogen, haben ja die Dickkopfweizen ein geringeres Mittel als die Landweizen, jedoch sind die nämlichen Einzelmittel in beiden Gruppen vorhanden, desgleichen auch bei den Zuchtweizen der Gruppe II und bei den Landweizen. Als typisch werden die Extre-

[1]) Die mittleren Fehler der arithmetischen Mittel bewegen sich fast durchwegs zwischen $\pm$ 1 bis $\pm$ 3 mm.

me der Längen (Bastardweizen und Nordstrandweizen) angesehen werden können; sie kehren ebenso bei den Versuchen der Reihe b_2 S. 30 wieder. Im übrigen läßt die letztere Versuchsreihe sehen, daß den gefundenen Längenunterschieden der Keimscheiden der anderen Sorten ein allgemein giltiger typischer Wert nicht beizumessen ist.

2. Gerste.

Plymage	Svalöf Svanhals	Svalöf Primus	Imperial	Goldthorpe	Hanna	Svalöf Hanna	Svalöf Prentice	Mittel (Gesamt)
61,4	54,0	53,1	51,1	55,7	51,0	47,0	47,8	52,64
	I.	55,06			II.	48,93		
		53,5	(Ohne Plymage)					51,40

Im Mittel berechnen sich zwar Unterschiede in den Koleoptilenlängen zwischen den dicht- und lockerährigen Gersten, aber es sind die Scheidenlängen der einzelnen Sorten beider Gruppen unter sich wesentlich verschieden. Auffallend lang ist bei den dichtährigen Gersten die Scheide der Plymagegerste, und besonders kurze Scheiden haben Svalöf Pentrice und Svalöf Hanna, bei den anderen Sorten bestehen keine wesentlichen Unterschiede.[1]) Auch bei den Messungen der Kulturen S. 17 ergab sich für Plymage die längste Scheide, für Svalöf Hanna eine sehr kurze. Im übrigen läßt sich eine bestimmte Reihenfolge der Sorten nicht aufstellen.

3. Roggen.

Die Saaten des Versuches I waren Nachbau, die des Vers. II Original.

Versuch	Petkuser	Champagner	Probsteier	Prof. Heinrich	Hessischer Stauden	Imperial
I	49,3	46,3	44,4	45,0	43,1	42,7
						Zeeländer
II	60,1	—	62,2	—	—	57,6

Buhlendorfer	Schlanstedter	Aderstedter	Pirnaer	Mittel
	—	—	—	45,15
52,2	62,4	60,5	64,5	59,93

[1]) Die mittleren Fehler der arithmetischen Mittel sind bei den Gersten ähnlich den Weizen, sie bewegen sich zwischen $\pm$ 0,4 und $\pm$ 2,85 mm.

Die Koleoptilenlänge der Sorten im Versuch I sind wenig verschieden, ebenso unter sich die der meisten Sorten im Versuch II.[1]) Ganz auffällig ist dagegen der Unterschied in den Längen bei beiden Versuchen. Bei den Absaaten des Versuchs I erreicht keine einzige Sorte die Länge der Scheide der Originalsaaten des Versuchs II. Die Uebereinstimmung bei sämtl. je 6 und 7 Sorten macht eine Zufälligkeit unwahrscheinlich, jedoch ist zu bemerken, daß Versuch II zwar unter den Bedingungen von b_1, aber nicht zu gleicher Zeit mit Versuch I stattfand, so daß Ungleichheiten in den näheren Verhältnissen doch nicht ganz ausgeschlossen sind. Auch kann das günstige Verhalten der Sorten in Versuchsreihe II den höheren Korngewichten zuzuschreiben sein. (Siehe später).

4. Hafer. Kulturen a_1

Ligowo			Fichtelgebirgs			Probsteier		
Kol.	Mes.	Mes. % der Gesamt-Länge	Kol.	Mes.	Mes. % der Gesamt-Länge	Kol.	Mes.	Mes. % der Gesamt-Länge
69,2	22,7	24,7	57,0	45,0	43,9	59,0	17,0	22,3
Kol. + Mes.	91,9		10,0			76,0		

Von den drei verglichenen Sorten weist Probsteier Hafer die geringste, Ligowo-Hafer eine mittlere und Fichtelgebirgshafer die größte Länge von Koleoptile + Mesokotyl auf. Die Ursache der so großen Länge dieser Organe zusammen beim Fichtelgebirgs-Hafer liegt in der verhältnismäßig größeren Länge des Mesokotyls, beim Ligowo-Hafer in derjenigen der Koleoptile. Der Probsteier Hafer steht hierin zwischen diesen beiden.

[1]) Mittlerer Fehler: ± 0,96 bis 2,19

Aus der Versuchsreihe b_1 ergeben sich folgende Werte der Gesamtlänge (Koleoptile und Mesokotyl) in absteigender Reihe:[1])

Strube's		Ligowo		Heines Traub.		Leutewitzer		Anderbecker	
Kol.	Mes.	Kol.	Mes.	Kol.	Mes.	Kol.	Mes.	Kol.	Mes.
62,6	8,8	53,2	8,3	56,6	2,8	47,3	6,4	44,0	5,2
Koleoptile + Mesokotyl									
71,4		61,5		59,4		53,7		49,2	
Mesok. in % der Gesamtlänge									
12,3%		13,5%		4,7%		12,0%		10,5%	

Mittel	
Kol.	Mes.
52,74	6,30
59,04	
10,6%	

Die sortenweisen Mittel für die Keimscheidenlängen, weniger jene für die Mesokotyllängen, sind verschieden, ebenso die Verhältnisse der Längen der Koleoptile zu denen des Mesokotyls. Relativ sehr kurz war das Mesokotyl bei Heine's Traubenhafer, bei den anderen Sorten war das Längenverhältnis annähernd das nämliche. Wie verschieden nicht nur die bis zum Durchbruch des ersten Laubblattes er-

[1]) Mittlerer Fehler ± 0,58 bis 3,12.

reichten Längen von Koleoptile und Mesokotyl, sondern auch deren Längenverhältnis je nach den Wachstumsbedingungen werden können, zeigt der Vergleich der Abmessungen des Ligowohafers in beiden Versuchsreihen. Bei den Kulturen a_1 sind Koleoptile und Mesokotyl länger geworden, das Verhältnis war ca. 3:1, bei den Kulturen b_1 war es aber 6,4:1, also war bei dem stärkeren Gesamtwachstum das Mesokotyl mehr begünstigt als die Koleoptile. Das Gleiche zeigen noch mehr die Versuche S. 32. Gleichwohl scheinen auch typische Sortenunterschiede in Bezug auf die eine oder andere Wachstumsweise zu bestehen, wenigstens läßt sich aus den Versuchen ableiten, daß Fichtelgebirgshafer im Verhältnis zum Ligowohafer in besonderem Maße zur Streckung des Mesokotyls neigt.

Die Scheidenlängen der vier Getreide in obigen Versuchen waren im Vergleich mit einander die folgenden:

	Mittellänge d. Koleoptile	Schwankungen in der Länge nach Sorten	Schwankungen in Prozent der Gesamt-Länge
Weizen	51,15	44,0—56,2	23,8
Gerste	52,64	47,0—61,4	27,3
Roggen I	45,15	42,7—49,3	14,6
„ II	59,93	52,2—64,5	20,5
Hafer Kol.	52,74	44,0—62,6	35,5 **Kulturen b_1**
Mes.	6,30	2,8—8,8	95,00
Kol. + Mes.	59,04	49,2—71,4	37,3 **Kulturen a_1**
Kol.	61,73	57,0—69,2	21,4
Mes.	28,23	17,0—45,0	16,4
Kol. + Mes.	89,96	76,0—102,0	34,2

Nach dieser Zusammenstellung haben die Koleoptilen von Weizen und Gerste annähernd gleiche Mittel, Roggen steht unterhalb oder oberhalb, je nach der Saatgutqualität, Hafer ist mit Hilfe des Mesokotyls zu besonderer Längenentwicklung befähigt.

Jedoch entwerten die großen Schwankungen nach Sorten diese Mittel. Im ganzen läßt sich nur sagen, daß zwar einzelne Sorten zur Ausbildung kürzerer und andere zur Ausbildung längerer Scheiden hinneigen, daß aber im übrigen die Wachstumsbedingungen von entscheidendem Einflusse sind (über die Bedeutung des Korngewichtes siehe S. 53), von denen nicht nur das Längenwachstum an und für sich, sondern auch der praktisch maßgebende frühere oder spätere Zeitpunkt des Durchbruches des ersten Laubblattes abhängig ist. Es ist möglich, daß bei einem anderen Messungsverfahren, welches das Variationsmittel zutreffender hätte ermitteln lassen, sich genauere Sortenunterschiede herausgestellt hätten, jedoch ist nicht anzunehmen, daß dabei, was hier in Betracht kommt, praktisch wesentliche Unterschiede, d. h. solche, welche innerhalb der praktisch in Betracht kommenden, immer nur mäßigen Saattiefen von Belang sein könnten, zum Vorschein kommen würden. Sortenweise Unterschiede im Verhalten beim Auflaufen mindestens innerhalb mäßiger Saattiefen können aus den beobachteten Längenunterschieden der Keimscheiden nicht abgeleitet werden, da die erreichbaren Längen bei allen Sorten zureichen, um die Plumula bis zur Erdoberfläche begleiten zu können.

Da übrigens das Wachstum der Keimscheiden im Freien unter anderen Bedingungen verläuft als bei jener, für welche obige Bestimmungen gelten, so ist hier auf die bezüglichen unten (Seite 30) folgenden Versuchsreihen zu verweisen.

Literaturangaben über die höchstmögliche Längenausbildung der Keimscheide finden sich nur bei Schellenberg.[1]) Dieser ließ Keimlinge von Weizen, Gerste und Hafer vollständig im Dunkeln wachsen und zwar bei Oberflächensaat und bei Saattiefen von 2, 4 und 6 cm. Bei 6 cm Saattiefe wurden folgende Längen erreicht: 11,6 cm, 11,4, 10,3 cm. Ueber das Wachstum der Keimscheide in der Luft im Dunkeln äußert er sich folgendermaßen: „Die Laubblätter durchbrechen die Keimscheide immer erst in der Luft; in der Erde bleiben sie stets von dieser eingeschlossen. Wenn die Keimscheide ihr Wachstum einstellt, die Laubblätter aber weiter

[1]) Schellenberg, l. c. Seite 258.

wachsen, so muß das Durchbrechen stattfinden. Das bildet die Regel für die Entwicklung unter dem Einfluß des Lichtes, wenn die Keimscheide ihr Wachstum über dem Boden rasch abschließt. Bei den Versuchen im Dunkeln bleiben die Laubblätter viel länger auch in der Luft von der Keimscheide eingeschlossen, entsprechend dem länger andauernden Wachstum dieses Organs.

Beim Hafer, bei dem die Streckung des Keimknotens im Dunkeln lange anhält, bleiben auch die Laubblätter von der Koleoptile ausnahmsweise lange eingeschlossen; ja, bei schwächlichen Exemplaren findet das Durchbrechen gar nicht statt."

Nähere Angaben über die Unterschiede in der Länge der Koleoptile bei den verschiedenen Getreidegattungen und Sorten bei Ausschluß von Licht finden sich bei Schellenberg nicht.

b. Streckungsdauer und Wachstumsgeschwindigkeit.

Da ein rascheres Wachstum der Scheide bei sonst gleichen Verhältnissen bei einem rascheren Auflaufen der Saaten mitbeteiligt sein wird, so interessiert auch die Kenntnis von etwaigen sortenweisen Unterschieden in der Wachstumsgeschwindigkeit. An Stelle der direkten Feststellung des Zeitpunktes des Schlusses des Längenwachstums, d. h. hier des Beginns des Durchbrechens des ersten Laubblattes,[1]) wurde in der Weise verfahren, daß zunächst durch zeitweilige Messungen der Scheidenlängen die Wachstumskurve zu ermitteln gesucht wurde. Die verwendeten Keimlinge standen unter den Bedingungen der Kulturen b_1, nur bei Hafer fanden auch Keimlinge der Kulturen a_1 Verwendung. Gemessen wurden bei Gerste je 11—20 (vereinzelt weniger — immer wurden die je gleichmäßig längsten Scheiden einer Kultur genommen), bei Roggen, Versuchsreihe I 11—20, Versuchsreihe II 20—32 Keimlinge; bei Hafer b_1 5—11, a_1 20; bei Weizen 5—6. Wegen der geringen Anzahl sind bei Weizen und Hafer Schlüsse aus den Messungen auf Sorteneigentümlichkeiten nicht einwandfrei.

[1]) Siehe Anmerkung S. 6.

Die Zeitabschnitte wurden als Abszissen, die erreichten Längen als Ordinaten aufgetragen. Durch die Endpunkte der Ordinate der (um die Zeit der letzten Messung bis zum Durchbrechen der Scheide) erreichten Schlußlänge wurde eine Parallele zur Abszisse gezogen und die Lage des Schnittpunktes derselben mit der Fortsetzung der Wachstumskurve als Bestimmung des Zeitpunkts des Wachstumsschlusses angesehen. Die Wachstumsgeschwindigkeit ergab sich dann durch Division der erreichten mittleren Länge der Koleoptile (l') mit der so gefundenen hierzu nötigen Zeit. (t).

Der eingeschlagene Weg ist nicht einwandfrei. Abgesehen von anderem, das sich gegen die Art der Längenbestimmungen geltend machen ließe, wird vorausgesetzt, daß sich der Kurvenverlauf, so wie er durch die vorhergehenden, durch die Messungen bestimmten Punkte gegeben ist, bis zur Durchbrechung der Scheide in gleicher Weise fortsetzt. Nach dem regelmäßigen Verlaufe der großen Wachstumsperiode war dies ja nicht zu erwarten, jedoch haben die genaueren Bestimmungen ergeben, daß die Zuwachse am Schlusse nur mehr so gering, auch bei den verschiedenen Getreiden im ganzen so übereinstimmend sind, daß erwartet werden durfte, es würden sich Unterschiede von einigem Belang mit ausreichender Sicherheit feststellen lassen.

Zur genauen Ermittlung des Streckungsverlaufes gegen den Schluß hin diente eine Anzahl von Keimlingen von Roggen und Weizen (Kulturen a_1), die erst in Abständen von 24, dann, gegen das Ende der Streckung hin, in der Regel am 4. Tage, in Zeiträumen von 2 Stunden gemessen wurden.

Die Verzögerung der Wachstumsgeschwindigkeit am Schlusse war unverkennbar, wobei sich mancherlei individuelle Variationen zeigten. Hiernach ist anzunehmen, daß die in obiger Weise graphisch bestimmten Wachstumsgeschwindigkeiten etwas, aber nur unbedeutend zu groß ausgefallen sind.

Im ganzen wird gesagt werden können, daß die Resultate dieser Bestimmungen gestatten, wenigstens Unterschiede von wesentlichem Belang als Ausdruck tatsächlicher Besonderheiten in den Wachstumsgeschwindigkeiten aufzufassen.

1. Weizen.

Sorte	l' (mm)	t (Tage)	v (mm pro Tag)
Cimbals Elite Square head	50,3	3,3	15,3
Strubes Square head .	49,0	3,4	14,4
Beseler „ „ . .	49,3	3,4	14,5
Buhlendorf.br.k.Squ.head	49,2	3,4	14,5
Molds red prolofic.	55,1	3,3	16,7
Hallets Pedigree	54,2	3,5	15,5
Rimpaus Bastard	44,0	3,0	14,7
Nordstrand Landweizen	56,1	3,2	17,5
Märkischer „	50,2	3,4	14,8
Straubinger „	50,0	3,4	14,7
Fürstenfelder „	54,1	3,5	15,5
Gesamtmittel:	51,05	3,35	15,0

Beziehungen zwischen Koleoptilenlängen und Wachstumsgeschwindigkeiten in dem Sinne, daß größere Längen größeren Geschwindigkeiten entsprechen, sind unverkennbar.

2. Gerste.

Sorte	l'	t	v
Plymage	65,0	3,1	20,9
Imperial	64,2	3,0	21,4
Goldthorpe	52,8	3,0	17,6
Svalöf Primus	50,8	3,0	16,9
„ Svanhals	45,2	3,0	15,0
Hanna	61,5	3,2	19,2
„ Svalöf	50,0	3,0	16,6
Hannchen Svalöf	44,3	3,0	14,7
Prentice „	58,9	3,0	19,6
Gesamtmittel:	54,64	3,03	18,00

Die Wachstumsgeschwindigkeiten nehmen hier deutlich mit den Scheidenlängen ab.

Nach der Zugehörigkeit zur Gruppe der dicht- und lockerährigen Gersten ergeben sich bestimmte Unterschiede nicht.

3. Roggen.

Versuchsreihe I. Versuchsreihe II.

Nachbau	l′	t	v	Original	l′	t	v
Petkuser	52,4	3,0	17,4	Aderstedter	67,3	4,3	15,6
Probsteier	46,6	3,0	15,5	Schlanstedter	65,0	4,3	15,3
Imperial	45,0	3,0	15,0	Petkuser	62,7	4,0	15,6
Prof. Heinrich	35,4	3,0	11,8	Probsteier	61,3	4,2	14,6
				Pirnaer	60,0	4,1	14,6
				Zeeländer	58,3	4,1	14,2
				Buhlendorfer	56,6	4,0	14,2
Gesamtmittel:	44,85	3,0	14,9		61,6	4,14	14,87

In beiden Versuchsreihen nehmen überwiegend die Wachstumsgeschwindigkeiten mit den Scheidenlängen ab; vergleicht man dagegen die Wachstumsgeschwindigkeiten der Keimscheiden von Petkuser- und Probsteier-Roggen, die in beiden Reihen vorkommen, so entspricht dem geringeren Längenwachstum der Nachbausaaten eine größere Wachstumsgeschwindigkeit als dem viel größeren Längenwachstum der Originalsaaten. Jene hatten ein weniger lang anhaltendes Wachstum als diese, es kamen bei ihnen die Laubblätter zeitiger zum Durchbruch.

4. Hafer.

Kulturen b_1	l′ (Kol. + Mes.)	t	v	
Strubes	66,5	4,2	16,2	
Ligowo	61,5	4,0	15,4	
Duppauer	59,8	3,6	16,6	
Heines Trauben	59,4	3,9	15,2	
Hvitling	58,5	4,0	14,6	
Leutewitzer	53,5	3,6	14,9	
Beseler II	51,1	3,8	13,4	
Anderbecker	49,1	3,7	13,3	
Gesamtmittel:	57,4	3,85	14,90	
Kulturen a_1				
Ligowo	91,9	6,0	15,3	
Probsteier 1	76,0	„	12,6	12,9
„ 2	80,0	„	13,3	
Fichtelgebirgsh. 1	102,0	9	11,3	11,7
„ 2	109,7	9	12,2	

Vielfach entsprechen größeren Längen von Koleoptile und Mesokotyl die größeren Wachstumsgeschwindigkeiten. Eine beträchtliche Ausnahme macht der Fichtelgebirgshafer in den Kulturen a_1. Vermutlich war zur Zeit der schließlichen Messungen, das Längenwachstum des Mesokotyls noch nicht beendet und bei dem beträchtlichen und langanhaltenden Wachstum desselben beim Fichtelgebirgshafer wird sich in den letzten Tagen die Abnahme der Streckung stark bemerkbar gemacht haben.

Als Mittel ergeben sich für die Getreidegattungen folgende Zahlen:

Kulturen b_1	l′	t	v	v Schwankungen nach Sorten
Weizen	51,04	3,35	15,00	14,4—17,5
Gerste	54,64	3,03	18,00	14,7—21,4
Roggen I	44,85	3,00	14,90	11,8—17,4
II	61,60	4,14	14,87	14,2—15,6
Hafer	57,40	3,85	14,90	13,3—16,6

Durchgreifende Gattungsunterschiede ließen sich nicht erkennen; bei allen Gattungen waren Sorten mit langsam und mit rasch wachsenden Keimscheiden vorhanden, aber auch die Sortenunterschiede waren meist gering, es waren nur einzelne Sorten, die sich durch besonders rasches Wachstum abhoben, so etliche Landweizen, bei den Gersten waren Gegensätze Plymage und Imperial einerseits, Hannchen und Svanhals anderseits, bei Hafer Strube und Duppauer gegen Beseler II und Anderbecker und namentlich gegen Fichtelgebirgshafer.

Daß bei Aussaaten im freien Lande Unterschiede in der Raschheit des Auflaufens bei verschiedenen Gattungen und Sorten zum Vorschein kommen, ist bekannt, und durch mehrfache genauere Beobachtungen bestätigt.[1]) Bekannt ist in der Praxis das rasche Auflaufen der Gerste; daß sich dabei Sortenunterschiede kenntlich machen, darüber wird nichts

[1]) Edler, vierjährige Haferanbauversuche 1901—1904. Arb. d. D. L. G. Heft 46. — Berichte d. K. Saatzuchtanstalt Weihenstephan 1906 S. 42, 1907 S. 28 und 29. Niggl, Wachstumsvorgänge, a. a. O.

bemerkt. Hiltner[1]) gibt an, Fichtelgebirgshafer laufe langsamer auf als andere Hafersorten. Nach Appel und Gaßner[2]) keimt Roggen rascher als Weizen, Professor Heinrich-Roggen aber laufe sehr langsam auf. Die verschieden rasche Keimung wird zu Sortenunterschieden hinsichtlich Brandbefall in Beziehung gebracht. Nach Svalöfer Beobachtungen laufen großkörnige Hafer rascher und gleichmäßiger auf als kleinkörnige, weshalb diese mehr durch Fritfliegenbefall leiden als jene. 1908 nahm Verfasser die Gelegenheit zu Beobachtungen über das Auflaufen wahr, welche die Ansaat zahlreicher Sorten von Sommergetreiden im landw. Versuchsfelde der K. techn. Hochschule in München bot. Es wurde folgende annähernde Reihenfolge im Auflaufen absteigend geordnet festgestellt.

1) Gerste: Hanna, Svanhals, Melonen, Chevallier, Prentice, Imperial, Prinzeß, Goldthorpe, Niederbayerische, Kneifel, Primus, Kl. Wartebruch, Standwell.

2) Hafer: Strubes, Ligowo, Beseler I, II, Pfiffelbacher, Leutewitzer Gelb-, Sächsischer Gelb-, Duppauer, Hvitling, Beseler III, Sv. Goldregen, Heines Trauben, Milton, Anderbecker, Fichtelgebirgshafer.

3) Sommerweizen: Champlain, Lupitzer Sand, Green mountain, Svalöf Perl, Strubes Grannen, Galizischer Kolben, Wohltmanns blaue Dame, Heines Noe, brauner gem. Bart, Heines Bordeaux, Roter Wechsel.

Die Beobachtungen über das Auflaufen im freien Lande stimmen zum Teil mit den oben berichteten Ergebnissen der Messungen der Wachstumsgeschwindigkeiten der Keimscheide, bezw. dieser und des Mesokotyls überein, so bezüglich des Fichtelgebirgshafers, des Prof. Heinrich-Roggens u. s. w., es sind aber auch viele Gegensätze vorhanden. Einerseits scheint es nicht möglich, eine genaue, für jede einzelne Vergleichssaat allgemein zutreffende Stellung in der Reihenfolge im Auflaufen der Sorten aufzustellen, da sich zu vielerlei und mannigfach kombinierte Faktoren geltend machen können. Die Beschaffenheit des Saatgutes, Bodenbeschaffenheit,[3]) Saattiefe werden die Auflaufverhältnisse wesentlich

[1]) Praktische Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz 1908.
[2]) Mitteilungen d. V. K. B. A. f. L. u. F. 1907 S. 11.
[3]) Niggl, l. c.

verschieben können, und geringere Unterschiede werden dabei vorweg leicht verschwinden. Anderseits hängt das Auflaufen auch nicht von der Raschheit des Wachstums der Keimscheide allein ab, sondern auch von sonstigen Besonderheiten der Scheide selbst, die wieder gegenüber den äußeren Bedingungen, namentlich gegenüber verschiedenen Widerständen ein sortenweise abweichendes Verhalten bedingen können. Uebrigens herrschte bei den Versuchen b_1 eine gegenüber den bei Freilandskultur zur Saatzeit herrschenden Temperaturen hohe Temperatur (18 Grad C.); bei dieser konnte die Reihenfolge in den Wachstumsgeschwindigkeiten auch wohl eine andere werden, als bei niedrigeren Temperaturen. Es ist daher nicht ausgeschlossen, daß bei einer Versuchsanstellung bei Temperaturen, die den natürlichen Verhältnissen näher kommen, auch eine umfänglichere Annäherung der Reihenfolge in der Wachstumsgeschwindigkeit der Keimscheide und des Auflaufens im Freien sich gezeigt hätte, namentlich, wenn bei der Versuchsanstellung auch der Einfluß der Erdbedeckung wirksam werden würde, denn diese verändert, wie weiter unten gezeigt, den Wachstumsverlauf der Scheide.

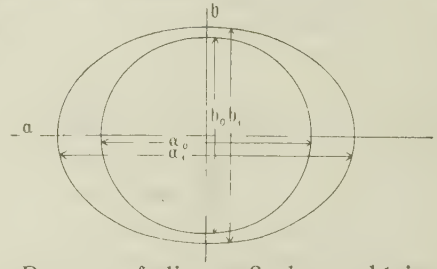
c. Die Querschnittsausbildung der Koleoptile. (Tabelle I).

Die Keimscheiden der verschiedenen Getreide unterscheiden sich in Form und Größe. Der Querschnitt der Roggen- und Weizenkoleoptile ist fast kreisrund. Der Querschnitt der Keimscheide des Hafers und noch mehr jener der Gerste ist elliptisch. Die Gerstenkoleoptile hat den größten, die Roggenkoleoptile den kleinsten Querschnitt. Andere unterscheidende Kennzeichen sind beim Roggen die mehr oder weniger intensiv rote und blaurote Farbe der Koleoptile, und beim Roggen ihre besondere Elastizität.

Die Größe und Form des Querschnitts ergeben sich des näheren aus den Messungen. Diese Messungen wurden bei 50facher Vergrößerung mittels Okular-Mikrometer vorgenommen. Gemessen wurden die großen und kleinen äußeren bezw. inneren Achsen des elliptischen Ringes, welchen der Querschnitt der Keimscheide darstellt, und zwar in 1 cm Abstand von der Kornbasis bezw. von der Spitze der Keim-

scheide. Die folgenden Zahlen bedeuten die ganzen großen bezw. kleinen Achsen des Querschnitts.

	Achse grosse a	Achse kleine b
Aussen	1.506	1.006
Innen	0.954	0.906



wa, wb. (Wandstärken in Bezug auf die große bezw. kleine Achse.) Statt der einfachen Wandstärken sind in den Tabellen die doppelten (2 wa, 2 wb), genauer, die Summe der beiderseitigen Wandstärken angegeben, weil diese für je zwei gegenüber liegende Seiten nicht gleich sind, und hierin namentlich im oberen Querschnitt in Richtung der kleinen Achse auf Seite des späteren Austritts der Laubblätter Unterschiede zu ungunsten dieser Seite bestehen. Daraus ergibt sich auch, daß hier von dem Maße 2 wb der größere Anteil auf die andere Seite trifft. Für die Messungen kamen nur Keimlinge in Betracht, welche unter den gleichheitlichen Bedingungen der Kulturen b gewachsen waren. Bei jeder Sorte wurden 5 möglichst gleichmäßig gewachsene Koleoptilen gemessen (bei Roggen Versuchsreihe II je 10).

Zunächst folgen die Angaben für die Größe und Form des Querschnittes, sowie die Wandstärken der Koleoptile bei den 4 Hauptgetreidegattungen (Kulturen b_1) im Durchschnitt aller untersuchten Sorten.

	d*) (mm)				
Gattung	Basis		Spitze		Mesok. Mitte
	a	b	a	b	
Weizen	1.574	1.205	1.400	1.163	—
	0.882	0.845	0.813	0.858	—
Gerste	1.925	1.262	1.782	1.287	—
	1.076	1.030	1.188	1.068	—
Roggen I	1.482	1.108	1.365	1.098	—
	0.930	0.851	0.981	0.902	—
Roggen II	1.643	1.168	1.578	1.231	—
	1.007	0.847	1.150	0.961	—
Hafer	1.523	1.195	1.370	1.093	1.331 1.016
	0.850	0.829	0.955	0.823	—

*) d = Länge der Achsen.

	Fl*) (mm)			2 w (mm)			
	Basis	Spitze	Mesok. Mitte	Basis a	Basis b	Spitze a	Spitze b
Weizen	0.905	0.678	—	0.692	0.360	0.588	0.305
Gerste	1.056	0.882	—	0.849	0.232	0.594	0.219
Roggen I	0.665	0.662	—	0.552	0.257	0.384	0.196
Roggen II	0.836	0.636	—	0.636	0.321	0.428	0.270
Hafer	0.873	0.556	1.064	0.673	0.366	0.415	0.270

Die Ermittlung der Querschnitt-fläche erfolgte nach der Formel $Fl = \frac{\pi}{4} (a_1 b_1 - a_2 b_2)$ (Querschnitt des elliptischen Ringes.)

Hiernach sind im Sortendurchschnitt die Getreidekoleoptilen verschieden

1) in der Größe des Querschnitts in folgender Reihe abnehmend: Gerste, Weizen, Hafer, Roggen,

2) in der Form des Querschnittes.

Hierin bestätigen die Messungen die Bestimmungen nach dem Augenmaß. Bei Roggen und Weizen ist der Querschnitt mehr rundlich, bei Gerste und Hafer mehr elliptisch. Hierzu ist zu bemerken, daß mit zunehmendem Längenwachstum der Querschnitt sich mehr rundet. Nur im ganz jugendlichen Stadium der Koleoptile ist er häufig sehr flach, so namentlich bei Gerste und Hafer, besonders an der Spitze.

Die Wandstärken der Koleoptilen sind ebenso verschieden wie die Größe und Form des Querschnittes.

In den Wandstärken ergibt sich folgende Reihe absteigend:

Basis:

Für die große Achse: Gerste, Weizen, Hafer, Roggen.

Für die kleine Achse: Hafer, Weizen, Roggen, Gerste.

(Hafer und Weizen einerseits, Gerste und Roggen andererseits annähernd gleich.)

Spitze:

Für die große Achse: Gerste, Weizen, Roggen, Hafer.

*) Fl = Größe der Querschnittsfläche.

Für die kleine Achse: Weizen, Hafer, Roggen, Gerste. (Roggen und Gerste fast gleich.)

Die Koleoptile der Gerste besitzt demnach im Bereich der großen Achse an der Basis und Spitze die größte Wandstärke, im Bereich der kleinen Achse an der Basis und Spitze jedoch die geringste.

Die geringsten Wandstärken der Koleoptile an der Basis besitzt der Roggen, eine mittlere hat er dagegen an der Spitze. Die Koleoptile des Weizens ist an der Spitze nur nach Richtung der kleinen Achse relativ dickwandig, die des Hafers im Bereich der großen Achse an der Basis und auch an der Spitze dünnwandig, während sie in Richtung der kleinen Achse an Spitze und Basis günstiger steht.

Die Dimensionen sind also verschiedenfach kombiniert, bei keiner Getreidegattung sind sie in Richtung beider Achsen gleichmäßig günstig, wie besonders auffällig in beiden Querschnitten hinsichtlich der kleinen Achse hervortritt. Aber die Wandstärken sind wieder zu den Unterschieden in d und Fl in Beziehung zu setzen. Hierin steht die Gerste in Richtung beider Achsen und in beiden Querschnitten den anderen Getreiden voraus und zuletzt kommt der Roggen.

Die Unterschiede in den Dimensionen der Wandstärke im unteren und oberen Querschnitt der Koleoptilen ergeben sich aus der Gestaltung der Keimscheiden im Verlauf ihrer Länge, dann auch unter dem Einflusse der Ausbildung des ersten Laubblattes. Die Keimscheide ist ein elliptischer Hohlkegel mit schwachem, ziemlich gleichmäßigem Abfall von der Basis zur Spitze; bezüglich der Wandstärke, Größe und Form des Hohlraums in Richtung der Länge bestehen aber nicht ganz einfache Verhältnisse, welche mechanisch von Bedeutung sind.

Solche Unterschiede sind schon anfänglich vorbereitet und erfahren im Verlaufe des Wachstums mancherlei Abänderungen. Im medianen Längsschnitt hat die Keimscheide des noch nicht gekeimten Gerstenembryos an der Basis eine stärkere Wandung (mit 3 Lagen Mesophyllzellen), dann wird sie dünner (2 Lagen Mesophyllzellen), gegen die Spitze zu

ist sie bedeutend dicker (mit einer größeren Zahl von Mesophyllzellen von größeren Dimensionen).[1])

Nach obigen Messungen verringert sich in den Gesamtmitteln gegen die Spitze zu, der äußere Querschnitt mehr in der Richtung der großen Achse, weniger in derjenigen der kleinen Achse. Der innere Querschnitt der großen Achse vergrößert sich (Roggen ausgenommen), derjenige der kleinen Achse bleibt annähernd gleich oder er wird ebenfalls etwas größer. Diese Aenderungen sind auch durch den Druck der Laubblätter beeinflußt, welche die Form und Größe des Hohlraums der Koleoptile alterieren, in verschiedenem Maße je nach den Wandstärken und dem Entwicklungszustande des ersten Laubblattes. Die Querschnittsflächen nehmen überall gegen die Spitze zu ab, aber in verschiedenem Maße bei den einzelnen Scheiden, ebenso die Wandstärken in Richtung beider Achsen.

Daß bei den einzelnen Sortenmitteln jeder Getreidegattung wesentliche Unterschiede vorhanden sind, zeigen die Tabellen (Kulturen I b_1). Bei dem Weizen sind zum Teil die Wandstärken in Richtung der kleinen Achse im Spitzenquerschnitt größer als im basalen, ebenso bei den Gersten, hier sogar bei der Mehrzahl der Sorten, dagegen beim Roggen nur bei einer Sorte der Reihe II; beim Hafer bestand nur bei einer Sorte Gleichheit der Wandstärke, bei allen anderen war die Wandstärke oben geringer als unten.

Trotz der Abweichungen in den Sortenmitteln dürfte aber die Einzelbetrachtung der Zahlen der Tabellen den Schluß zulassen, daß die Gattungsmittel der Flächengrößen und Wandstärken im ganzen wirkliche Unterschiede der Getreidegattungen bezeichnen. Darnach stehen Weizen und Gerste einander in den Größen der Querschnittsflächen zunächst, in den Wandstärken aber ist die Koleoptile der Gerste an der Basis und Spitze in Richtung der großen Achse bevorzugt, in Richtung der kleinen Achse steht sie zurück. Die schwächer wüchsigen Roggensaaten der Versuchsreihe I bleiben in Fläche und Wandstärke der Koleoptile hinter Weizen und Roggen zurück; die stärker wüchsigen Originalsaaten der

[1]) Lermer und Holzner. Beiträge zur Kenntnis der Gerste 1888. Tafel XXIII. Querschnitt Tafel XXIV.

Versuchsreihe II erreichen die Querschnittsfläche von Weizen und Gerste nur vereinzelt, in den Wandstärken kommen diese Koleoptilen jenen der Weizen nahe, ohne aber deren Maxima zu erreichen, gegenüber den Gersten stehen sie in Richtung der großen Achsen fast allenthalben zurück, nicht aber in Richtung der kleinen Achsen. Die Haferkeimscheide kommt in der Querschnittsgröße den Weizenkeimscheiden teilweise gleich, überwiegend ist sie von geringerer Größe, besonders gegen die Spitze zu; in der Wandstärke verhalten sich Hafer und Weizen in der Scheidenbasis ähnlich, in der Scheidenspitze ist ersterer meistens schwächer. Im Vergleich mit der Gerstenkeimscheide ist die des Hafers fast durchaus von geringerer Querschnittsgröße, sie ist ferner in Richtung der großen Achse dünnwandiger, in Richtung der kleinen Achse überwiegend dickwandiger als die der Gerste.

In wieweit die beobachteten Unterschiede in den Sortenmitteln als Sortenbesonderheiten angesehen werden können, muß, von Unterschieden beträchtlichen Grades wohl abgesehen, vorerst dahingestellt bleiben. Angesichts der großen Empfindlichkeit des Wachstums der Keimscheiden im ganzen und des Verlaufes ihrer Streckung im besonderen gegen Wachstumseinflüsse können die vorliegenden Bestimmungen, noch dazu an einer verhältnismäßig geringen Zahl von Keimlingen, nur zum Ausweise größerer Unterschiede genügen, außerdem müßten sie durch Bestimmungen in verschiedenen Wachstumsstadien erweitert werden.

B. Ausbildung und Wachstum der Keimscheide mit Erdbedeckung bei Lichtabschluss.

Die Keimscheide erfährt je nach den Verhältnissen, unter denen sie sich ausbildet, manche Abänderungen ihrer Form, wenn auch die Grundzüge der bereits angegebenen allgemeinen Formverhältnisse bestehen bleiben. Die Abänderungen betreffen die Länge, die Größe und Form des Querschnittes (Achsenverhältnis und Größe des äußeren und inneren Durchmessers).

Abändernd wirken der Einfluß des Bodens, die Höhe der Bedeckung der Körner mit Erde (die verschiedene Saattiefe), der Belichtungsgrad. Die Keimscheide ist von Natur

aus auf das Wachstum im Dunkeln angewiesen, es hat sich auch allenthalben erkennen lassen, daß schon ganz geringe Lichtreize ihr Wachstum beeinträchtigen und schließlich ganz hemmen, wenn auch bei verschiedenen Getreidearten in verschiedenem Maße.[1]) Ein direkter Einfluß des Bodens besteht nach den Untersuchungen Schellenbergs nicht. Er fand bei Versuchen mit Weizen unter Lichtabschluß, daß die Keimscheiden ganz gleich lang wurden, gleichgültig wie tief die Aussaat in Erde war.

Dagegen wird sich die Bedeckung mit Erde außer durch Abhaltung des Lichtes dadurch geltend machen können, daß sie je nach ihrem Wassergehalt die Turgeszenz der wachsenden Scheide erhöht oder vermindert. Dies ist aber unter Umständen von hervorragender Bedeutung, da ja die Keimscheide die oft bedeutenden Widerstände der Erde mit Hilfe der Turgeszenz zu überwinden hat. Anderseits versteht es sich aber nicht von vornherein, daß die größtmögliche Turgeszenz und reichlichste Versorgung mit Feuchtigkeit bei gleichzeitigen günstigen Temperaturen auch die größten Scheidenlängen hervorrufen müßten, denn unter solchen Umständen wird auch das Wachstum der ersten Laubblätter beschleunigt werden, und es könnte sein, daß dabei das Längenwachstum der Scheide relativ früher zum Abschluß kommt, wenn sie relativ zeitiger vom ersten Laubblatt durchbrochen wird. Würde sie aber auch nach dem Durchbruch sich etwas noch verlängern, so wäre das für die Beförderung des Auflaufens ohne Bedeutung.

Um diesen Fragen nachzugehen, wurden Versuche unter folgenden Bedingungen angestellt:

a. Keimlinge von Weizen wuchsen unter den einleitend beschriebenen Bedingungen der Kulturen b 2, von Hafer auch unter den Bedingungen a 2.

b. Die in der Luft wachsenden Keimscheiden wurden dadurch zur größten Trugesenz gebracht, daß die Gefäße mit Glasplatten bedeckt wurden. Die Kulturen befanden sich teils unter konstant höheren, teils unter konstant niederen Temperaturen.

---

[1]) Schellenberg, l. c. — H. Fitting (Lichtperzeption und phototropische Empfindlichkeit, Jahrb. f. wiss. Bot. XLV S. 83— H. Schröder, l. c. (Diese Arbeit ist nach Abschluss der vorliegenden Untersuchungen veröffentlicht.)

1. Dunkelversuche mit fortgesetzter Erdauflagerung. Weizen (Tabelle II)

Die Keimlinge der Kulturen b 2 lieferten durchschnittlich Keimscheiden von größerer Länge, als jene von b 1.

Der äußere und innere Durchmesser im basalen Scheidenteil in Richtung der großen Achse hat sich wenig verändert und darnach auch die Wandstärke, bemerklicher ist die Abnahme der Wandstärke in Richtung der kleinen Achse; die gesamte Querschnittsfläche hat etwas abgenommen. Im Spitzenteil sind dagegen beträchtliche Aenderungen eingetreten und zwar im Sinne der Zunahme der Wandstärke in Richtung der großen Achse und der Abnahme in Richtung der kleinen Achse, die Querschnittsfläche hat zugenommen. In Bezug auf diese sind die Keimscheiden beim Wachstum in Erde der Länge nach gleichmäßiger geworden; beim Wachstum in der Luft betrug das Verhältnis zwischen basaler und apikaler Fläche 132:100, beim Wachstum in Erde 104:100. Dagegen ist das Verhältnis der Wanddicken in Richtung beider Achsen ungleichmäßiger geworden; beim Wachstum in der Luft betrug es an der Basis 183, an der Spitze 119:100, beim Wachstum in Erde erweiterte es sich auf 217 bezw. 226:100.

Im einzelnen betrachtet trifft das stärkere Längenwachstum für alle Sorten zu, die Verkleinerung der basalen Querschnittsfläche bei den meisten Sorten (beim Hallet-, Märkischen und Straubinger Weizen ist die Querschnittsfläche größer geworden), nicht aber die Vergrößerung der apikalen, welche vielmehr nur bei etwa der Hälfte der Sorten stattgefunden hat; als Regelmäßigkeit kann sie sonach nicht gelten. Aehnlich verhält es sich mit der Zunahme der Wandstärke im basalen Teil in Richtung der großen Achse — es sind auch hier die Gesamtdurchschnitte wenig verschieden —, in Richtung der kleinen Achse besteht aber fast bei allen Sorten Abnahme. Im Spitzenteil trifft die Wandstärkenzunahme in Richtung der großen Achse bei den meisten Sorten zu, in Richtung der kleinen Achse besteht die Abnahme der Wandstärke bei allen Sorten mit Ausnahme von einer. Im Ganzen wird man annehmen können, daß das stärkere Längenwachstum in der Erde hauptsächlich mit

einer Aenderung im oberen, stärkst gewachsenen Scheidenteil im Sinne der Wandverstärkung in Richtung der großen und der Wandschwächung in Richtung der kleinen Achse verbunden war.

Hafer

(Kulturen b_2 Tabelle II u. a_2)

Bei den Kulturen a_2 wurden folgende Längen gefunden:

	Kol.	Mes.	Ges.	Mesok. in Prozenten der Ges.-Länge
Ligowo	65.8	83.6	149.4	55.8
Probsteier	88.0	50.0	138.0	36.6
Fichtelgebr.	67.0	107.0	174.0	61.4

Unter dem Einfluß der Erdbedeckung wurde die Längenentwicklung der Koleoptile und des Mesokotyls größer als ohne diese (Siehe S. 13). Das Gleiche ergaben die Kulturen von b_2 im Vergleich von b_1 (Tabelle II b_2 u. S. 14). Die in der Kultur a_1 erreichten Längen im Vergleich mit jenen von b_2 zeigen im übrigen, daß ein beträchtliches Längenwachstum nicht gerade an die Bedeckung mit Erde gebunden ist, sondern auch beim Wachstum in Luft eintreten kann. Jedoch besteht der wesentliche Unterschied, daß beim Wachstum in Erde das Mesokotyl sehr viel stärker sich verlängert als die Koleoptile, demnach an der stärkeren Verlängerung den Hauptanteil hat. Sortenweise Unterschiede im Streckungsverhältnis von Koleoptile und Mesokotyl machen sich auch beim Wachstum in Erde bemerkbar.

Das unterschiedliche Verhalten von Scheide und Mesokotyl in den Versuchen b_2 deutet darauf hin, daß beim Emporwachsen der Haferkeimlinge aus größeren Saattiefen weniger die Koleoptile als das Mesokotyl beteiligt ist.

Die Wachstumsgeschwindigkeit ist bei größerer Streckungsdauer bei den Kulturen mit Erdbedeckung größer als ohne diese.

Hinsichtlich der Querschnittsentwicklung weisen die Kulturen b_2 gegenüber b_1 in den Gesamtdurchschnitten bemerkliche Unterschiede nur im Spitzenquerschnitt und im Querschnitt des Mesokotyls auf. Auch hier hat die Wand-

stärke im Spitzenteil in Richtung der großen Achse zu-, in Richtung der kleinen Achse abgenommen; der Mesokotylquerschnitt hat sich verkleinert.

In den einzelnen Sortenmitteln trifft die Zunahme der Wandstärke im Spitzenteil in Richtung der großen Achse ausnahmslos zu, dagegen ist die Abnahme in Richtung der kleinen Achse keine Regel, die Abnahme des Mesokotylquerschnittes ist fast ausnahmslos. Da das Längenwachstum der Koleoptile in den Kulturen b_2 ohnehin nicht viel stärker und bei einigen Sorten so ziemlich dasselbe ist wie bei b_1, so konnten beträchtliche Unterschiede in der Querschnittsausbildung nicht erwartet werden, während in dem viel stärker sich streckenden Mesokotyl die hauptsächlichsten Aenderungen eingetreten sind. Das sortenweise verschiedene Längenwachstum mußte mancherlei Abweichungen in den einzelnen Sortenmitteln mit sich bringen.

2. Dunkelversuche im sehr feuchten Raum und bei verschiedenen Temperaturen.

Die verschiedenen Keimlingskulturen haben die große Empfindlichkeit des Wachstums und der Ausbildung der Keimscheide gegen äußere Einflüsse erkennen lassen, was die Vergleichbarkeiten außerordentlich erschwert.

Diese Verhältnisse wurden in besonderen Versuchen näher verfolgt, was auch deshalb angezeigt schien, um zur Beurteilung der Wachstumsweise der Keimscheide auf freiem Felde weitere Anhaltspunkte zu bekommen. Denn in der freien Natur kommen offenbar die Wachstumsfaktoren in recht verschiedenem Maße zur Wirkung, woraus Aenderungen im Wachstum der Keimscheide und ihrer mechanischen Qualität und damit auch im Auflaufen der Keimlinge entspringen müssen.

Bei diesen Versuchen wurden Körner von Strubes Squarehead in einen im Dunkeln befindlichen großen Kasten auf Erde gelegt; auf der einen Hälfte wurden die Keimlinge fortgesetzt mit Erde bedeckt, sodaß sie ständig in Erde wuchsen, die andere Hälfte wurde mit genau passenden Glasplatten abgeschlossen, um einen sehr feuchten Raum herzustellen.

Die Temperatur war in beiden Fällen die gleiche, nämlich 18°. Die Erde wurde reichlich mit Wasser versorgt.

Körner unter Glasbedeckung liefen rascher auf, die Keimlinge wurden aber später von den mit Erde bedeckten eingeholt.

Die Messungen gaben folgende Resultate:

	1	d (mm)		Fl. (mm_2)	
Wachstum	mm	Basis	Spitze	Spitze	Basis
mit Erdbedeckung	81	1.54 1.14 0.94 0.88	1.42 1.18 0 92 0.88	0.70	0.68
im feuchten Raum in der Luft	62	1.50 1.12 1 06 0.84	1.34 1.22 1.06 0.92	0.62	0.42

2 w			
Basis		Spitze	
0.60	0.26	0.50	0.30
0.44	0.28	0.28	0.30

Beim Wachstum mit Erdbedeckung sind die Koleoptilen beträchtlich länger geworden als beim Wachstum in der Luft, auch dicker an Basis und Spitze, mit größerer Wandstärke in Richtung der großen Achse, bei gleichbleibender Wandstärke in Richtung der kleinen Achse. Der Querschnitt an der Spitze ist bedeutend größer geworden. Wenn auch im feuchten Raum die Koleoptile länger wurde als bei den früher beschriebenen Versuchen ohne Erdbedeckung (S. 11)[1]), so erreichte sie doch nicht die gleiche Länge wie bei Erdbedeckung. Wahrscheinlich hängt dies mit der bei diesem Versuch herrschenden größeren Turgeszenz einerseits und mit einer Beschleunigung des Wachstums des ersten Laubblattes im feuchten Raum anderseits zusammen. Wie schon früher bemerkt, hängt der Zeitpunkt, bezw. die Länge der Koleoptilen, in welcher sie von den Laubblättern durchbrochen werden, auch von dem Verhältnis der beiderseitigen Wachstumsgeschwindigkeiten ab. Es kann für einen bestimmten Wärme- und Feuchtigkeitsgrad die Wachstumsgeschwindigkeit der Koleoptilen im Verhältnis zu derjenigen der Laubblätter genügend sein, um eine

[1]) A. Schröder l. c. fand ebenso, daß der Feuchtigkeitsgehalt der Luft das Längenwachstum der Koleoptilen befördert.

ansehnliche Länge vor dem Durchbrechen erreichen zu können, während das Wachstum der Koleoptilen in anderen Fällen zeitig hinter dem der Laubblätter zurückbleibt, sodaß sie von diesen schon bei geringer Länge durchbrochen werden.

Um auch den Einfluß der Temperatur zu ermitteln, wurden die Versuche derart modifiziert, daß Keimlinge von Hvitling Hafer in Erdkästen bei 12° mittlerer Temperatur ohne, bei 18° ohne und mit Erdbedeckung im Dunkeln wachsen gelassen wurden. Bei der Temperatur von 12° hatten Keimscheide und Mesokotyl zusammen schon eine bedeutende Länge erreicht, ohne daß die Koleoptilen vom Laubblatt durchbrochen waren. Diese Kästen wurden daher zuletzt in ein warmes Zimmer gebracht, wo die Laubblätter bald hervortraten.

Diese Versuche ergaben folgende Zahlen:

Versuchs-	l (mm)				d (mm)			
Anstellung	Kol.	Mes.	%	Gesamt.	Basis		Spitze	
I oh. Erdbed. (12°)	66.1	44.0	39.9	110.1	1.542	1.188	1.366	1.120
					0.766	0.768	0.864	0.848
II „ „ (18°)	51.2	7.3	12.4	58.5	1.580	1.208	1.484	1.266
					0.960	0.882	1.064	1.960
III m. Erdbed. (18°)	64.0	46.1	27.4	110.1	1.602	1.108	1.540	1.244
					0.824	0.884	1.026	0.982

d (mm)		2 w (mm)				Fl. (mm²)		
Mesokotyl		Basis		Spitze		Basis	Spitze	Mesok.
I 1.046	0.808	0.776	0.420	0.502	0.272	0.77	0.63	0.62
II 1.534	1.096	0.620	0.326	0.420	0.306	0.84	0.67	1.32
III 1.226	0.948	0.778	0.224	0.514	0.262	0.82	0.72	0.91

Die Keimlinge des Versuchs I hatten gegenüber denjenigen der Versuche II und III eine bedeutend längere Streckungsdauer (ca. 8 Tage länger) bei großer Gesamtstreckung. Der Querschnitt sowohl der Koleoptile als auch der des Mesokotyls wurde dabei verringert.

Die Keimlinge des Versuchs III erreichten die gleiche Gesamtstreckung bei etwas anderem Längenverhältnis von Koleoptile zu Mesokotyl wie jene des Versuchs I. Aber der Querschnitt von Koleoptile und Mesokotyl war im ersten

Falle größer. In beiden Versuchen I und III blieben die Laubblätter länger von der Koleoptile eingeschlossen als bei Versuch II, wo das Wachstum der Laubblätter verhältnismäßig rasch erfolgte. Höhere Temperatur und Erdbedeckung ergaben demnach zwar fast das gleiche Längenwachstum von Koleoptile und Mesokotyl, wie niedrigere Temperatur ohne Erdbedeckung, auch waren die Wandstärken fast dieselben, die Querschnittsflächen waren aber im ersten Fall größer, ebenso die des Mesokotyls. Bei höherer Temperatur ohne Erdbedeckung blieb das Längenwachstum stets zurück, das Mesokotyl wurde beträchtlich dicker, die Querschnittsflächen der Koleoptilen wurden größer als beim Wachstum in der Luft bei niedriger Temperatur.

C. Das Wachstum der Keimscheide bei verschiedener Intensität der Belichtung (u. bei verschiedener Saattiefe).

Die vorausgehend beschriebenen Untersuchungen fanden im Dunkeln statt. Nachdem sich aber ganz geringe Lichtreize als hemmend für die Entwicklung der Keimscheide erwiesen hatten, lag es nahe, ihr Wachstum auch bei verschiedener Intensität der Belichtung zu verfolgen, umsomehr, als unter Verhältnissen, unter denen das Auflaufen in der freien Natur stattfindet, verschiedene Belichtungsintensitäten einwirken.

Schellenberg hat über das Verhalten der Keimlinge bei Verdunklung Versuche angestellt (vergl. S. 16 und S. 29).

„Wenn man die Zahlen (11,6 bezw. 11,4 bezw. 10,8 cm bei 2, 4 und 6 cm Saattiefe) vergleicht, so findet man, daß mit zunehmender Saattiefe die Koleoptile etwas kürzer wird. Diese Unterschiede sind wahrscheinlich der größeren Arbeit zuzuschreiben, welche die Pflanzen bei tieferer Aussaat leisten müssen, um an die Oberfläche zu gelangen.“

„Wenn man von diesem ganz geringen Unterschiede absieht, so gibt dieser Versuch unzweideutig die Antwort, daß die Keimscheide bei Lichtabschluß gleich lang ausgebildet wird, wie auch die Saattiefe gewählt wird.“

„Die großen Unterschiede, die man in der Länge der Keimscheide an den auf freiem Felde gewachsenen Pflanzen konstatieren kann, sind demnach nicht die Wirkung der

Saattiefe oder der damit in Zusammenhang stehenden längeren Berührung mit der festen Umgebung. Läßt man bei gleicher Saattiefe 2, 4 und 6 cm die Pflanzen sich am Licht entwickeln, so wird die Keimscheide immer über dem Boden 3—4 cm lang. Die Gesamtlänge des Organs ist aber verschieden und beträgt je nach der Saattiefe 5—6, 7—8, 8—9 cm. Keimen die Samen ganz an der Oberfläche, so wird die Keimscheide am Licht nicht länger als 3—4 cm, während diese bei Verdunklung 11—12 cm erreicht. Aus diesen Versuchen geht deutlich hervor, daß das Licht resp. der Lichtmangel die Unterschiede in der Länge der Keimscheide bedingt; diese sind nicht auf die Wirkung der festen Umgebung zurückzuführen."

„Zu gleichen Resultaten bin ich bei den Versuchen mit Gerste gelangt."

Niggl[1]) gibt an, daß bei Hafer von 8—11 cm Saattiefe die Koleoptile das Laubblatt 1—1,5 cm über die Erdoberfläche begleitete.

In der Tat sind diese Unterschiede auf freiem Felde zu beobachten. Sie beruhen augenscheinlich auf verschiedener Lichtintensität zur Zeit des Auflaufens und auf Unterschieden der Koleoptile der Getreidegattungen hinsichtlich der Lichtempfindlichkeit. Versuche hierüber wurden folgendermaßen angestellt:

Körner von Nordstrandweizen, Primusgerste, Schlanstedter Roggen und Fichtelgebirgshafer wurden teils in Töpfe 3, 6 und 9 cm tief gesät und diese Kulturen a der Besonnung ausgesetzt, teils in gleicher Weise in einen Erdkasten gesät und dieser b) in den Schatten gestellt. Die Erde wurde allenthalben nach Möglichkeit gleichmäßig feucht zu halten gesucht, was aber bei den in der Sonne aufgestellten Kulturen nur unvollkommen gelang.

Die Belichtung war während der ganzen Versuchsdauer (Anfang Juni mit Ausnahme eines einzigen Tages, der bei den Ergebnissen näher bezeichnet ist), ohne jede Bewölkung und auch sonst war die Witterung von gleichmäßigem Charakter. Tabelle III.

---

[1]) Niggl. l. c.

Die Länge der Koleoptile ist bei den Schattenkulturen größer als bei den besonnten, sie nimmt bei allen Getreiden und in beiden Versuchsreihen mit der Saattiefe zu, aber in geringerem Verhältnis als diese, ausgenommen wegen des Mesokotylwachstums der Hafer.

In der Längenentwicklung der Koleoptile steht im Mittel bei allen Saattiefen, in der Sonne und im Schatten, Gerste über Weizen und Roggen. Der verwendete Fichtelgebirgshafer steht in der Gesamtlänge von Koleoptile und Mesokotyl voraus, in der Länge der Koleoptile dagegen an letzter Stelle. Nur das Wachstum bei 3 cm Saattiefe in den Kulturen a macht eine Ausnahme. Bei starker Belichtung folgt auf die Gerste der Roggen und dann der Weizen, bei schwacher Belichtung dagegen umgekehrt, wenigstens für die größeren Saattiefen von 6 und 9 cm. Das eigentümliche Verhalten des Weizens bei starker Belichtung rührt nicht von der Lichtwirkung allein her, sondern auch von dem unter diesen Bedingungen beschleunigten Wachstum der Laubblätter gegenüber dem der Koleoptile.

Die Längenentwicklung der Koleoptile wurde auch graphisch dargestellt derart, daß die Saattiefen als Abszissen, die erreichten Längen als Ordinaten aufgetragen wurden. Die erhaltenen Kurven (Tabelle IV) zeigen einen regelmäßigen Verlauf. Für jeden Punkt einer unter 45° geneigten Geraden ist das Verhältnis zwischen Länge der Koleoptile bezw. Gesamtstreckung (Hafer) und Saattiefe gleich 1. Jeder Punkt dieser Linie gibt also die Saattiefe an, bei welcher bei den Versuchen die Keimscheiden gerade bis an die Erdoberfläche wuchsen. Oberhalb derselben verlaufen meist jene Kurven, welche die Längen der im Schatten gewachsenen, unterhalb derselben jene, welche die Längen der in den besonnten Töpfen gewachsenen Koleoptilen darstellen.

Die betreffenden Saattiefen waren folgende:

	a mm	b mm
Weizen	30	55
Gerste	59	77
Roggen	30	51
Hafer	88	120

Die Weizen- und Roggenkoleoptilen wurden in dem Versuch a schon bei 30 mm Saattiefe von den Laubblättern durchbrochen. Im Schatten ist diese Saattiefe größer, für Weizen lag sie bei 55, Roggen bei 51, Gerste bei 77 mm. Hierzu sei bemerkt, daß die Weizenkeimlinge des Versuchs a schon bei 6 cm Saattiefe nur mehr vereinzelt an der Erdoberfläche erschienen, weil es auch den Laubblättern meist nicht gelungen war, über die Erdoberfläche zu gelangen. Die Keimscheide des Roggens war mit zunehmender Saattiefe immer mehr wellenförmig gebogen und bei 9 cm sogar mehr oder minder zerknittert.

In obigen, den praktischen Bedingungen des Auflaufens mehr entsprechenden Versuchen treten deutliche Beziehungen zwischen dem Längenwachstum der Scheide und Unterschiede in den zulässigen Saattiefen hervor, viel mehr als sich aus den in Abschnitt I A S. 11 ff. berichteten Versuchen ableiten ließen; wenigstens gilt dies für größere Saattiefen, während bei geringeren diese Unterschiede ja weniger zur Geltung kommen werden.

Auch die Querschnittsfläche der Koleoptile wird von der Lichtwirkung betroffen, wobei jedoch in Betracht zu ziehen ist, daß sich die Querschnittsfläche indirekt auch dadurch verändert, daß bei gleicher Saattiefe verschiedene Längen der Koleoptilen zustande kommen.

Da ferner bei diesen Versuchen Faktoren verschiedener Art und in verschiedenen Kombinationen zur Wirkung kamen, und es schwierig war, die Bedingungen möglichst gleichmäßig zu erhalten, so konnten die Erwartungen durchschlagender Unterschiede im Bau der Scheiden keine großen sein.

Immerhin wird den Bestimmungen entnommen werden können, daß bei der schwächeren Belichtung die Keimscheiden im allgemeinen stärker geworden sind als bei der stärkeren. Bei der Gerste waren Querschnittsfläche und Wandstärken bei 3 und 6 cm Saattiefe bei b größer als bei a, beim Roggen die Wandstärken in allen Saattiefen in der Scheidenbasis und bei 3 und 6 cm Saattiefe auch in der Spitze, desgleichen beim Hafer in Bezug auf Querschnittsfläche und Wandstärke bei 6 und 9 cm Saattiefe. Beim

Weizen waren nur bei 3 cm Saattiefe die Querschnittsflächen größer bei b als bei a und die Wandstärken in Richtung der großen Achse. Bei 6 cm Saattiefe waren die Keimlinge des Weizens an dem einen vollständig bewölkten Tage aufgelaufen.

Von den verglichenen Getreiden stellte sich der Roggen in der Querschnittsfläche von Basis und Spitze der Keimscheide fast durchaus und meistens auch in der Wandstärke wesentlich ungünstiger als Weizen und Gerste, woraus sich das schon erwähnte Verhalten der Roggenkoleoptile bei den größeren Saattiefen erklärt.

D. Verlauf der Streckung der Keimscheide in Bezug auf die Zone stärksten Wachstums unter verschiedenen Bedingungen.

(Tafel V).

Die Keimscheide streckt sich nicht in allen Teilen gleichmäßig. Schellenberg[1]) teilt hierüber folgendes mit: „Die Spitze der Koleoptile hat zuerst ihr Wachstum abgeschlossen. Zu Beginn wächst die Keimscheide bei Aussaat in der Erde von der Basis aus. Dann aber beginnt die Zone des Wachstums sich zu verschieben. Man findet das stärkste Längenwachstum an noch nicht hervorgewachsenen Keimlingen in einem Abstand von 15—25 mm rückwärts von der Spitze. Die Zone des stärksten Wachstums rückt nach und nach gegen die Bodenoberfläche. Sobald ihre Spitze 1—2 cm über die Erdoberfläche getreten ist, hört diese Verschiebung der Wachstumszone auf. Der Uebergang von der festen in die luftförmige Umgebung bedingt eine Veränderung des Wachstums.“

Pfeffer[2]) weist an Wurzeln von Vicia faba nach, daß das stärkste Längenwachstum derselben in ganz geringer Entfernung (2—3 mm) von der Spitze sich befindet; ähnlich sei es auch mit der Keimscheide.

Die Untersuchungen über die Verteilung des Längenwachstums sind dadurch erschwert, daß die Keimscheide äußerst lichtempfindlich ist. Diese starke Empfindlichkeit

---

[1]) Schellenberg, l. c.
[2]) Pfeffer, Druck- und Arbeitsleistungen durch wachsende Pflanzen.

wirkte bei den Versuchen störend, da die Keimscheide wiederholt zu Markierungen und Messungen dem Lichte ausgesetzt werden mußte.

Die Durchführung dieser Versuche geschah im Dunkeln ohne und, um auch gleichzeitig den Einfluß der Erdbedeckung zu ermitteln, auch mit Erdbedeckung. Die zu den Messungen verwendeten Koleoptilen wurden mit Tuschmarken versehen, und zwar wenn sie erst bis 5 mm lang waren, in Abständen von 1 mm, wenn sie schon länger waren, in Abständen von 5 mm.

1. Versuche mit Weizen, Roggen, Gerste.

Bei den ersten Versuchen war es nicht gelungen, die Keimscheiden zu einer größeren Länge zu bringen, die Zone der größten Streckung war basal bis zur halben Länge der Keimscheide oder die Streckung verteilte sich ziemlich gleichmäßig über die ganze Länge. Da das Wachstum bald erlosch, konnte eine spätere stärkere Streckung im oberen Teil der Koleoptile nicht mehr eintreten. Das deutet schon darauf hin, daß das Wachstum der Koleoptile von unten nach oben fortschreitet. Der Uebergang kann rascher oder langsamer erfolgen.

Bei den späteren Versuchen in einer Dunkelkammer und unter möglichst gleichmäßigen Bedingungen waren die Körner bei a_1 teils auf Sand, bei a_2 auf Erde ausgelegt. Hierbei entwickelten sich die Koleoptilen zu größeren Längen.

Bei der graphischen Darstellung wurden die Längen der wie oben beschrieben durch Marken abgegrenzten Zonen der Scheide nach vollendeter Streckung derselben, unter Umständen auch noch während ihres Wachstums, auf Papier aufgetragen, die ursprünglichen Entfernungen als Abszissen, die zugehörigen Entfernungen dieser Punkte zu einem anderen Zeitpunkte oder am Schluß der Streckung als Ordinaten.

Die durch Verbindung dieser Punkte erhaltene Kurve stellt das Verhältnis der Wanderung jedes beliebigen Punktes vom Zeitpunkt der Markierung bis zu einem beliebigen folgenden dar. (Streckungskurve). Noch deutlicher kann

der Zuwachs der einzelnen Zonen dadurch dargestellt werden, daß man ihre ursprünglichen Längen als Abszissen und die zugehörigen Längen zu einem beliebigen anderen Zeitpunkt als Ordinaten aufträgt.

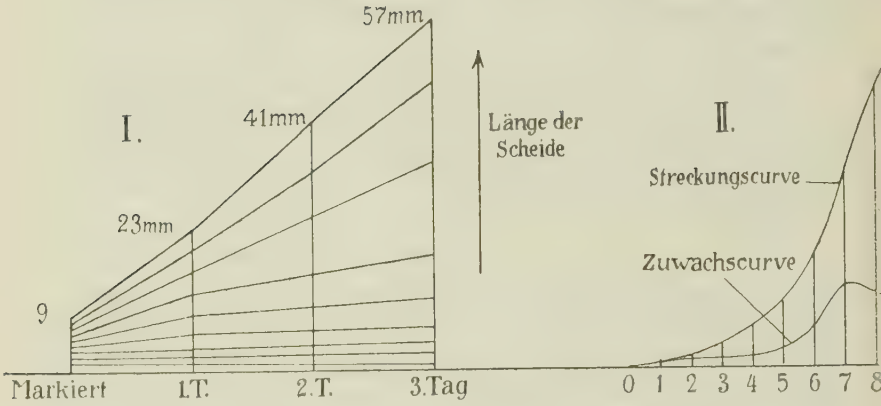
Die durch die Verbindung der erhaltenen Punkte gegebene Kurve stellt das Verhältnis dar von ursprünglicher Länge + Verlängerung zur ursprünglichen Länge der einzelnen Zonen. (Zuwachskurve.)

Das Wachstum war basal, solange die Scheide nur eine sehr geringe Länge hatte. Aber bald begann es sich nach der Spitze zu verschieben und fand sehr häufig schon einen Tag später fast ganz im oberen Teile statt. Je mehr die Scheide ihrem Wachstumsabschluß sich näherte, umsomehr verschob sich das Wachstum gegen die Spitze zu. Um die Zeit des Durchbrechens des ersten Blattes kann sich also nur mehr dieser Teil strecken und zwar wird die Streckung nach der Spitze zu immer stärker (Tafel V b_1). Der Vergleich der Zuwachskurven von noch nicht von den Laubblättern durchbrochenen Koleoptilen, deren Wachstum aber dem Abschluß nahe ist, mit jenen von bereits durchbrochenen Koleoptilen zeigt den Fortgang der Streckungsverschiebung gegen die Spitze zu. Die verglichenen Exemplare entstammen immer demselben Versuchsgefäße.

Ein Einfluß der Erdbedeckung macht sich augenscheinlich derart geltend, daß infolge des rascheren Wachstums die Zone der stärksten Streckung viel früher und viel mehr nach der Spitze zu sich verschiebt als ohne diese.

Die Versuche zeigen also, daß unter Wachstumsbedingungen, welche eine genügende Längenentwicklung der Koleoptile ermöglichen, die Zone der stärksten Streckung anfangs mehr basal ist und sich dann immer mehr gegen die Spitze verschiebt bis wenige Millimeter unter dieser. Dieses Resultat ergibt sich auch genauer durch Beobachtung der Art der Streckung in verschiedenen Wachstumsstadien. Keimscheiden (von 9 mm Länge) von Petkuser Roggen wurden mit Millimeter-Teilung versehen und in drei aufeinanderfolgenden Tagen die Größen der einzelnen Zonen aufgezeichnet.

Verlauf der Streckung bis z
3. Tag nach der Markieru



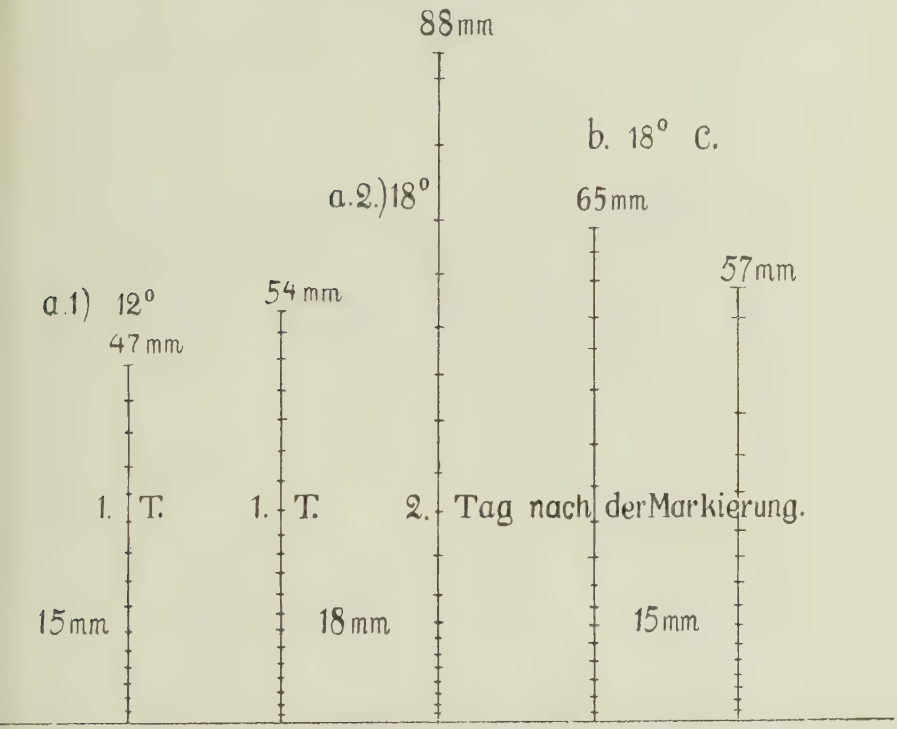
Nach der Darstellung I ist die Streckung der Koleoptile am ersten Tag nach der Markierung ziemlich gleich von der vierten Zone ab auf die folgenden fünf verteilt. Die vier ersten Zonen weisen zusammen nur einen Zuwachs von 2 mm, die fünf folgenden aber einen solchen von 12 mm in fast gleichmäßiger Verteilung auf. Bis zum 2. Tag haben sich die ersten 4 Zonen nurmehr um 1 mm, bis zum dritten Tag um einen weiteren mm gestreckt. Ihr Wachstum war also fast ganz beendet. Um so stärker sind die folgenden Zonen gewachsen, besonders die siebte. Im weiteren Verlauf geht das stärkste Wachstum auf die obersten Zonen über.

Einfluß von Temperaturunterschieden.

Die Zuwachskurve erfährt Abänderungen durch die Bedingungen, unter denen sich das Längenwachstum vollzieht, und durch das verschieden starke Wachstum an und für sich. Als solche Bedingungen machten sich auch hinsichtlich der Gesamtausbildung der Grad der Temperatur und der Feuchtigkeit in Erde und Luft geltend. Bei dem Versuche über den Einfluß der Temperatur mit Weizen, Erde als Keimsubstrat, wuchsen die Keimlinge im Dunkeln in verschiedenen Gläsern:

a) ohne jede Bedeckung 1.) bei 12° 2), bei 18° C.
b) mit Papier überspannt bei 18° C.
c) die Keimlinge wurden mit Erde bedeckt, Temp. 18° C.

Die Ergebnisse der Messungen von zahlreichen Keimlingen sind durch folgende Darstellungen veranschaulicht. (Die Zonen sind immer vom Tage der Markierung an gerechnet, da die Keimlinge vorher eine verschiedene nicht genau feststellbare Zeit im Schrank gestanden hatten).



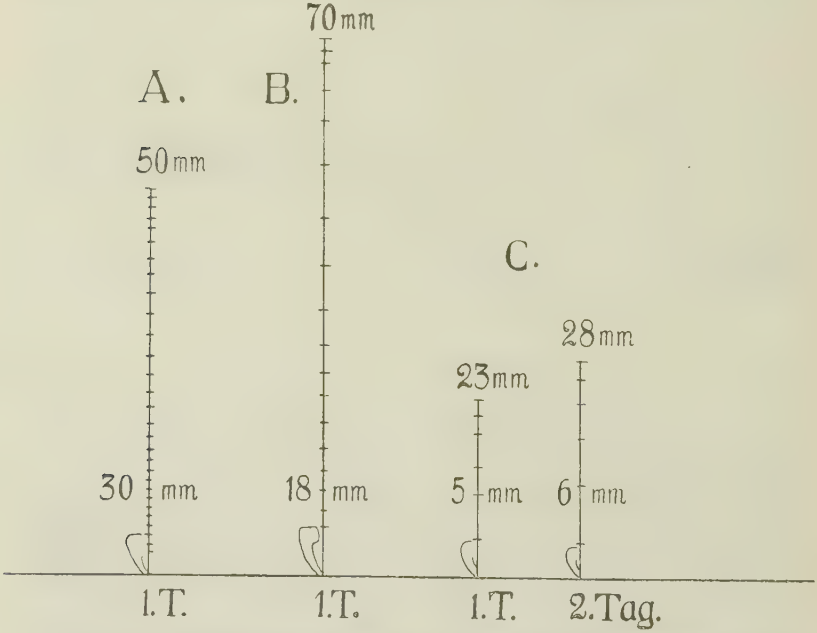
Ein besonders auffallender Unterschied hinsichtlich der Zuwachsverteilung zwischen den bei 12° bezw. 18° gewachsenen Koleoptilen war nicht bemerkbar, doch schien es, als ob die bei niedriger Temperatur gewachsenen Koleoptilen mehr die Neigung hatten, sich in ihrer ganzen Länge gleichmäßig zu strecken. Sie können dabei aber eine ganz beträchtliche Länge erreichen. Jedoch waren auch Koleoptilen vorhanden, bei welchen die Zone der stärksten Streckung sich etwas weniger auf die ganze Länge verteilte, sondern mehr der Spitze zu sich befand. Beim Wachstum in höherer Temperatur war die stärkere Streckung im oberen Teil sehr deutlich, namentlich dann, wenn die Koleoptile eine größere

Länge erreichte. Auch bei den Keimlingen in den mit Papier überspannten Gläsern verteilte sich die Streckung meist über die ganze Länge, mit einer gleichmäßig schwachen Zunahme gegen die Spitze hin. Ganz auffällig verschieden verhalten sich die Keimscheiden unter dem Einfluß der Erdbedeckung. Hier war das Spitzenwachstum sehr beträchtlich. Die Erscheinung wurde in sämtlichen Versuchen beobachtet.

Zu bemerken ist schließlich, daß bei allen Keimscheiden aus obigen Versuchsbedingungen die basale Streckung nach der Markierung nur mehr gering war.

Streckungsunterschiede bei Körnern verschiedenen Gewichts.

Schwere Körner von Petkuser Roggen entwickelten unter gleichen Verhältnissen Koleoptilen von sehr verschiedener Größe und verschiedenartigem Wachstumsverlauf. Als Beispiel seien die folgenden Einzelfälle herausgegriffen.



Die Koleoptilen maßen zur Zeit der Markierung (mit 1 mm Abstand) bei A 30 mm, B 18 mm, C 6 mm. Nach gleicher Wachstumszeit unter gleichen Wachstumsbedingungen hatte die Scheide des Keimlings des mittelschweren Korns A (100 Korngew. 3,4 g) 50 mm Länge erreicht, die

Streckung war ziemlich gleichmäßig auf eine größere Länge hauptsächlich des zweiten Drittels verteilt.

Die Koleoptile des Keimlings des schweren Kornes B maß 70 mm, die einzelnen Zonen hatten sich stärker gestreckt mit größerer Annäherung an die Spitze. Die Scheide des Keimlings des leichteren Kornes C (100 Korng. 2,2 g) hatten in gleicher Zeit nur 28 mm Länge erreicht, mit hauptsächlicher Streckung im unteren Teil.

2. Hafer.

Der Wachstumsverlauf bei der Keimscheide des Hafers war verschieden nach Sorten und äußeren Bedingungen. Sehr häufig bestand zwar auch bei gutem Wachstum die Neigung, anhaltend mehr die Basis als die Spitze zu strecken, in vielen anderen Fällen war dagegen die Streckung gegen die Spitze zu stärker. Bei diesen Vergleichungen ist vorausgesetzt, daß die Keimscheiden nicht etwa wegen ungünstigen Wachstums, schwächlicher Keimanlagen oder stärkerer Belichtung im Wachstum zu sehr zurückblieben, denn in allen diesen Fällen bleibt die Streckung der Koleoptile basal. Unter den Bedingungen der Kulturen b_1 und b_2 wurde die Zone der stärksten Streckung gegen die Spitze der Keimscheide hin gefunden. Wie auch aus den Kurven der Tabelle V zu ersehen ist, war unter den Bedingungen der Kulturen b_1 die Zone stärksten Wachstums der Spitze ferner gelegen, solange die Scheide noch nicht durchbrochen war. Bis zum Zeitpunkte des Durchbrechens der Laubblätter rückte diese Zone bei den Keimlingen der Kulturen b_2 fast bis zur Spitze selbst vor. Es wurden aber auch, wie schon bemerkt, zahlreiche Fälle gefunden, wo trotz günstiger Wachstumsverhältnisse die Streckung der Basis anhaltend größer war. Jedoch scheint mit diesem Falle eine größere Länge der Scheide unvereinbar. Es ist das augenscheinlich bei Sorten der Fall, welche schon vermöge ihrer Anlage nur Scheiden von beschränkter Länge entwickeln, deren Wachstum langsamer vor sich geht, und bei welchen die Laubblätter länger von der Scheide eingeschlossen bleiben. Solche Sorten sind z. B. der Fichtelgebirgs- und Probsteier Hafer.

Bei den Untersuchungen wurde außer den genannten beiden Fällen der Scheidenstreckung noch der weitere be-

obachtet, daß die Streckung über die ganze Länge der Koleoptile fast gleichmäßig verteilt war. Es ist schwer ausfindig zu machen, welcher von diesen Fällen des Streckungsverlaufes unter gegebenen Bedingungen eintritt.

Der Verlauf der Streckung des Mesokotyls wurde nicht näher untersucht.

Literatur hierzu befindet sich bei Kirchner.[1]) Van Tieghem kam zu dem Ergebnisse, daß die Streckung des Mesokotyls je nach der Gattung verschieden verläuft. Die Gattung Avena ist unter jenen aufgezählt, bei denen die Streckung des Mesokotyls durch interkalares Wachstum im unteren Teil erfolgt.

[1]) Kirchner, Loew und Schröter Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Stuttgart 1908, Band I 2. Abteilung S. 25. Vergl. auch Schröder l. c.

II.

Die Faktoren des mechanischen Wertes und die Grösse der mechanischen Leistung der Keimscheide.

A. Die Faktoren des mechanischen Wertes der Keimscheide zunächst mit Bezug auf deren Ausgestaltung.

Die mechanische Aufgabe der Keimscheide wurde bereits in der Einleitung gekennzeichnet. Haberlandt sagt: (l c.) „Die junge Keimpflanze hat kaum die Samenhülle gesprengt und sich im Boden festgewurzelt, so stößt ihr Wachstum schon auf Hindernisse. Das erste Wachstum der Plumula vollzieht sich in einem für diese durchaus fremden Medium. Bei den Gramineen und anderen Monokotylen stellt die Keimblattscheibe das Schutzorgan für die ersten Laubblätter dar. Ihre erste Aufgabe ist also das Durchwachsen des Bodens. Ihr Querschnitt ist mehr oder minder elliptisch und beim Durchwachsen kommt ihr die keil- oder spatelförmige Gestalt besonders zugute. Dann aber trägt sie bei zur Herstellung der Biegungsfestigkeit des aufwärts wachsenden Keimsprosses. Die Energie der geotropischen Aufwärtskrümmung, welcher die jungen Stengel fähig sind, reicht eben zur Ueberwindung der mechanischen Hindernisse, die entgegenstehen, lange nicht aus und bleibt ganz und gar der Keimscheide überlassen.“

Nachdem im vorausgegangenen Abschnitte die Entwicklung und Ausbildung der Koleoptile behandelt worden ist, kann an die Aufgabe gegangen werden, die Faktoren der mechanischen Leistungsfähigkeit der Keimscheiden (Größe der Druckkraft, Größe und Form des Querschnitts an sich und im Verhältnis zur Länge; Form der Spitze; Wachstumsweise) des näheren zu prüfen, und zunächst die Beziehungen zu untersuchen, welche zwischen der Ausgestaltung der Keimscheide und ihrem mechanischen Werte bestehen.

Die Keimscheide ist ein konischer Hohlstab von elliptischem Querschnitt, der in seinen äußeren Teilen von Erde umgeben, also bis zu einem gewissen Grade eingespannt ist. Der Widerstand der Erde wirkt in erster Linie in der Längsachse des Organs, das ihn durch die Turgeszenz überwinden muß. Der Längsdruck sucht die Keimscheide seitlich aus ihrer Wachstumsrichtung zu bringen, er wird auch den Verlauf und die Verteilung des Längenwachstums beeinflussen können[1]) und damit auch die Reibungsverhältnisse. Ob die Keimscheide beim Durchwachsen der Erde auf Druck oder auf Knickung beansprucht wird, hängt bei gegebenem Erdwiderstand vom Verhältnis der Länge zum Querschnitt ab, mit zunehmender Saattiefe bei gleicher Bodenbeschaffenheit verbiegt sich vielfach die Keimscheide wellenförmig. Zur Gewinnung einer möglichst großen Biegungsfestigkeit bei geringem Materialaufwand erfordert der Querschnitt eine Anordnung der wirksamen Flächenteile in der bekannten Weise der möglichsten Entfernung der neutralen Achse bei genügender Wandstärke, und damit ein genügend großes Trägheitsmoment. Für den mechanischen Wert der Keimscheide ist jenes Trägheitsmoment in Rechnung zu ziehen, welches den kleinsten Wert hat, denn an dieser Stelle erfolgt am leichtesten ein Bruch. Für den elliptischen Ring ist das kleinste Trägheitsmoment das auf die große Achse bezogene. Bedeuten a_1, a_0 die große äußere, bezw. innere Achse, b_1, b_0 die kleine äußere bezw. innere Achse des Querschnittes (Siehe Zeichnung S. 24), so ist sein Trägheitsmoment bezogen auf die große Achse a $J_a = \frac{\pi}{64} (a_1 b_1^3 - a_0 b_0^3)$. Die Größe dieses Trägheitsmomentes, wird sonach ein Ausdruck für den mechanischen Wert der Koleoptile sein, namentlich wenn die Wandstärken nicht zu gering sind.

Allerdings können diese Größen die mechanischen Werke nur beiläufig und nur im gröberen bezeichnen, da die Querschnitte, auf welche sich die Messungen beziehen, im einzelnen von schwankender und in der Längsrichtung der

---

[1]) Vergl. W. Pfeffer. Druck- und Arbeitsleistung durch wachsende Pflanzen. Abhandlungen der math.-phys. Klasse der K. Sächs. Ges. d. Wiss. Bd XX. 1893.

Koleoptile wechselnder Form sind und die Bemessungen der Wandstärken nach 2w auch nicht genau sein können (vergl. S. 24).

Bei Beurteilung der mechanischen Werte ist aber auch die ganze oder teilweise Länge der Keimscheide in Betracht zu ziehen, da das Verhältnis des Trägheitsmoments zur Länge und die Verteilung der Trägheitsmomente in Richtung dieser für die Seitwärtsbiegung maßgebend ist. Der Faktor Länge tritt freilich insofern zurück, als sämtliche Teile der Keimscheide von Erde umgeben sind, also eine wenn auch verschieden widerstandsfähige Befestigung erfahren und besonders dadurch, daß das Wachstum sich hauptsächlich im oberen Teil der Koleoptile vollzieht, dessen Beanspruchung hauptsächlich maßgebend ist, was wieder von der Form der Spitze beeinflusst wird. Rechnungen in dieser Hinsicht anzustellen ist deshalb nicht gut zulässig, jedoch ist darauf hinzuweisen, daß Unterschiede in der Länge und Form der wachsenden Spitze die Wertverhältnisse der Trägheitsmomente verändern.

Was die Befestigung in der Erde anbelangt, so ist beizufügen, daß im Falle geringen Widerstandes auch der Längsdruck gering ist, wenn nicht etwa eine oberflächliche harte Kruste vorhanden ist. Ist dagegen wegen größerer Dichte der Längsdruck größer, so ist es auch die seitliche Einspannung, auch scheint unter solchen Umständen die Länge der Region des stärksten Wachstums an der Spitze der Koleoptile sich zu verkürzen.

Die Spitze der Keimscheide wird als Keil beschrieben, jedoch stellt die Deckfläche ein elliptisches Paraboloid dar. Nur im ganz jugendlichen Wachstumsstadium, etwa bis zum zweiten Tage, ist die Spitze der Koleoptile zuweilen spatelförmig zusammengedrückt, besonders bei Gerste und Hafer. Im Zustande starker Turgeszenz und bei stärkerem Druck des ersten Laubblattes besonders in der Nähe der Spitze geht der elliptische Querschnitt mehr in die Kreisform über, die Deckfläche dementsprechend mehr in ein Drehungsparaboloid. Das ist, wie später bewiesen werden soll, von Einfluß auf die Spitzenwirkung. Die Höhlung ist vom ersten

Laubblatt ausgefüllt. Zuweilen aber kommt es, namentlich beim Roggen vor, daß das Laubblatt hinter dem Wachstum der Keimscheide zurückbleibt, was deren Festigkeit bedeutend verringert.

Bei den Getreidegattungen bestehen äußerlich erkennbare Unterschiede in der Form der Spitze. Diese ist bei Gerste, und noch mehr bei Hafer spatelförmig zusammengedrückt, beim Weizen und besonders beim Roggen mehr rundlich. (Siehe auch Seite 65). Diese Formen verändern sich derart, daß die bei allen Getreidegattungen anfänglich mehr flach zusammengedrückte Scheidenspitze sich mit fortschreitendem Wachstum immer mehr rundet, jedoch bei den verschiedenen Getreidegattungen verschieden. Auch stärkere Turgeszenz bedingt die gleiche Veränderung. Es bestehen offenbar auch Sortenunterschiede, doch ist ihre Charakterisierung schwierig. Ob sie mechanisch von Bedeutung sind, konnte nicht festgestellt werden.

Im ganzen ist die Keimscheide nach äußerer Form und Querschnitt den zu überwindenden Widerständen gut angepaßt, ebenso die Wachstumsweise, in beiden Beziehungen nähert sie sich den wachsenden Wurzelspitzen.

Aber auch der anatomische Aufbau ist der mechanischen Leistung trotz seiner Einfachheit vorzüglich angepaßt. Er ist mehrfach beschrieben.[1]) G. Haberlandt äußert sich folgendermaßen: „Der anatomische Bau der vollständig entwickelten Keimblattscheide ist ein sehr einfacher. Ihr Querschnitt zeigt rechts und links von der Medianebene des Keimlings zwei stark ausgebildete Gewebsmassen, welche in ihrer Mitte je ein Gefäßbündel führen. Vorne und hinten besteht das Scheidengewebe einschließlich der beiderseitigen Epidermis bloß aus 3—4 Zellagen. Weder in den Gefäßbündeln, noch unterhalb der Epidermis können Bast- und Collenchymzellen beobachtet werden. Eine die Festigkeit der Keimscheide erhöhende Einrichtung macht sich tatsächlich geltend, wenn sie auch nicht anatomischer Natur ist. Sie besteht nämlich in der außerordentlichen Turgeszenz und der hier-

[1]) Haberlandt l. c. Kirchner, Schröter und Loew, l. c. Rogenhofer Festschrift Wiesner, Wien 1908, S. 389.

von abhängigen Gewebespannung. Dank dieser Einrichtung spart die Keimpflanze an Baustoffen, welche sie zur Ausbildung der eigentlichen Assimilationsorgane weit vorteilhafter verwenden kann.“ Die Bemerkung, daß die Einrichtungen, welche der Festigkeit dienen, nicht anatomischer Natur sind, ist nicht ganz richtig, wie aus dem folgenden hervorgeht.

Die Zellen der Koleoptile erscheinen auf dem Querschnitt in der mittleren Schicht mehr oder minder rundlich. Nach der äußeren und inneren Epidermis zu sind sie mehr von polygonalem Querschnitt. Zu beiden Seiten der großen Achse des Querschnitts befinden sich annähernd in der Mitte die Gefäßbündel. Die Wandstärke im Bereich der kleinen Achse ist viel geringer wie diejenige im Bereich der großen Achse, mit verschiedenem Verhältnis der Dimensionen in der Basis und Spitze der Koleoptile. (Siehe die Messungen Seite 25 und ff.) An der Stelle, wo beim Durchbrechen der Laubblätter zunächst eine schwache Ausbuchtung und später eine Lostrennung der Zellreihen in einer Linie stattfindet, liegen die Epidermis-Zellagen direkt aufeinander.[1])

Sehr auffallend zeigt sich die der Druckwirkung angepaßte Anordnung und Form der Zellen im Längsschnitt der Koleoptilenspitze. Das langzellige Mesophyll wird an der Spitze kurzzellig, ebenso die Epidermiszellen; bei jenen der äußeren Epidermis verlängern sich zu oberst an der Koleoptilenspitze die radialen Wände senkrecht zur Oberfläche des Organs, und diese Zellen bedecken sich mit einer starken Cuticula.

Die Abänderungen in der Ausgestaltung der Keimscheide mit Bezug auf den mechanischen Wert nach Gattung, Sorten, Saatkorngewicht.

1. Gattung und Sorte.

Mit den im ersten Teil beschriebenen Abänderungen in der Ausbildung der Keimscheide ändern sich auch die Faktoren des mechanischen Wertes.

---

[1]) Nach Lermer und Holzner, l. c. S. 94 ist eine Längsspalte an dieser Stelle, „der Scheidenmund“, schon am nicht gekeimten Embrio vorhanden. (Abbildungen auf Tafel XXI.)

Die folgende Zusammenstellung enthält die Durchschnittszahlen für sämtliche gemessenen Sorten. (Kult. b_1.) (S. 11.) Tab. I.

Gattungen	l (mm)		J_a		Schwankungen nach Sorten J_a	
	Kol.	Mes.	Basis	Spitze	Basis	Spitze
1. Gerste	51.10	—	1.096	0.870	0.846—1.462	0.510—1.100
2. Weizen	52.64	—	1.342	1.156	0.50—3.62	0.72—1.482
„ (oh. Plymage)	51.40	—	1.017	1.247	0.50—1.18	0.86—1.82
3. Roggen I	45.15	—	0.719	0.539	0.496—0.890	0.247—0.684
„ II	59.93	—	0.966	0.921	0.79—1.25	0.71—1.12
4. Hafer	52.74	6.30	1.054	0.631	0.742—1.230	0.470—0.880
			Mes.	0.708	Mesokotyl	0.463—0.880

Die Tabelle läßt ersehen, daß der durchschnittliche mechanische Wert der Koleoptile in Bezug auf das Trägheitsmoment der Querschnitte bei Gerste am größten, bei Roggen am geringsten ist, während Weizen und Hafer in der Mitte stehen. Ohne die Plymagegerste sind aber die Unterschiede zwischen Gerste und Weizen gering. Bei Hafer ist auch das Trägheitsmoment für die Mitte des Mesokotyls angegeben; dies ist seinem Werte demjenigen der Koleoptile annähernd entsprechend, sodaß also das Mesokotyl ungefähr eine ebenso große Druckkraft auszuhalten vermag wie die Koleoptile.

Bei größerer Länge des Mesokotyls wird das Verhältnis allerdings ein anderes. Hier zeigt sich, daß sich namentlich bei großem äußeren Widerstande für die Fortbewegung der Spitze das Mesokotyl wellenförmig verbiegt.

Jedoch ist gegenüber den Sortenmitteln auch hier auf die großen Schwankungen bei den Sorten jeder Getreidegattung hinzuweisen und im besonderen auf die Mittel der Trägheitsmomente bei Roggen, Versuchsreihe II, wo sich (zum Unterschied von Versuchsreihe I) Gesamtmittel und Schwankungsgrenzen so gut stellen wie bei Weizen. Sortenweise Abweichungen ergeben sich auch darin, daß das Verhältnis der Trägheitsmomente von Basis und Spitze sehr verschieden, und daß es zwar in den Gesamtmitteln, nicht

aber vielfach in den Sorteneinzelmitteln in der Spitze geringer ist als in der Basis.

Im ganzen wird man annehmen können, daß die Gersten und Weizen überwiegend von höheren Trägheitsmomenten waren als die Roggen, wenigstens die schwächer wüchsigen Absaaten, während etliche der Originalsaaten recht hohe Werte hatten. Bei den Hafern bestanden große Verschiedenheiten und mehrere Sortenmittel waren inbezug auf die Trägheitsmomente der Spitze sehr geringwertig. Nach Mitteln und Schwankungsgrenzen heben sich nur die Roggenabsaaten ganz ausgesprochen ab, und am anderen Ende der Reihe die Gersten.

2. Mechanischer Wert der Scheide und Korngewicht.

Bei den Versuchen mußten, wie bereits bemerkt, zur Erzielung brauchbarer Durchschnittsergebnisse Körner von möglichst gleicher Beschaffenheit verwendet werden. Es war augenscheinlich, daß Unterschiede in den Korngewichten mit gleichsinnigen in der Scheidenausbildung in Beziehung standen. Korngewichtsunterschiede beeinflussen auch das Verhältnis des Wachstums und der Ausbildung der Keimscheide im Vergleich verschiedener Sorten miteinander, aber selbstverständlich viel weniger, wie innerhalb derselben. Bei je 3 Sorten von Roggen (Kulturen a_1) und Hafer (Kulturen a_2) wurden die Scheiden von Keimlingen aus großen und kleinen Körnern untersucht. (Tabelle VI.)

Die Koleoptilen der Keimlinge aller 3 Roggensorten der schwereren Sorten wurden länger, von größerem Querschnitt und mit größeren Trägheitsmomenten. Beim Hafer waren die Gesamtlängen (Koleoptile + Mesokotyl) in beiden Fällen ziemlich die gleichen, der mechanische Bau war aber auch hier besser bei den Koleoptilen der schwereren Körner.

Hieraus ergeben sich einige wichtige praktische Schlußfolgerungen.

Die Bedeutung der Maßnahme in der landwirtschaftlichen Praxis, zur Sicherung eines kräftigen Auflaufens das Saatgut stark zu sortieren, findet vorausgehend ihre Erklärung.

Die Literatur über die Bedeutung der Reservestoffe für das Keimleben der Pflanze ist sehr zahlreich. Insbesondere

hat Wollny[1]) die Ergebnisse älterer Untersuchungen zusammengestellt. Er schreibt hierzu einleitend folgendermaßen: „Ueber die zweckmäßige Größe und Schwere des Saatgutes gehen die Meinungen in der Praxis außerordentlich auseinander. Die Möglichkeit, diese Frage zu lösen, war solange nicht gegeben, als nur praktische Beobachtungen herangezogen werden konnten, und zwar weil letztere mangels Feststellung der mitwirkenden Ursachen zur Aufstellung von Naturgesetzen ungeeignet erscheinen müssen. Erst eingehende physiologische Untersuchungen geben die nötigen Grundlagen."

Wollny kommt zu dem Ergebnis, daß die Pflanzen aus großem Saatgut sich besser, rascher und früher entwickelten, weniger lang im Jugendzustande verharrten, widerstandsfähiger seien und größeren Ertrag lieferten wie diejenigen aus kleineren Körnern. Die Ursachen seien in der kräftigeren embryonalen Anlage und größeren Menge von Reservestoffen bei ersteren zu suchen.

Remy[2]) schränkt die besondere Wertschätzung des schweren Kornes etwas ein. „In den Anforderungen an die Größe und Schwere gehe man nicht zu weit, sie darf natürlich nicht unter ein bestimmtes Maß sinken. . . .

Eine andere Frage ist es, ob der Wert des Saatkorns mit seiner Größe und Schwere noch weiter zunimmt, wenn diese über jenes Minimum hinausgehen, welches für einen kräftigeren Keim und dessen ausreichende Nahrungsversorgung während des Keimstadiums erforderlich ist."

Dagegen vertritt v. Lochow[3]) den Standpunkt, daß auch ein Korn von geringerem Gewicht denselben Wert, mindestens denselben Ertrag haben könne, wie das großkörnige, wenn gleiche Gewichtsmengen ausgesät würden. Er ist hierzu durch die Beobachtung gekommen, daß sein Roggen im Nachbau häufig an Korngewicht verliert.

Zu einem anderen Standpunkt kommt Graf Arnim Schlagenthin. „Beim Versuchsanbau sollte die Aussaatmenge nicht nach dem Gewicht, sondern nach der leicht zu ermittelnden

---

[1]) Wollny, Saat und Pflege der landw. Kulturpflanzen. S. 63.
[2]) Remy, Das Saatgut u. seine Gewinnung. D. L. Pr. 1907, No. 34, 35, 36.
[3]) v. Lochow, Fühling Bd. 57, Heft 7.

Kornzahl pro Gewicht bemessen werden, um nicht zu große Ungleichheiten zu erhalten."

Bei gleichen Aussaatmengen geht aus der kleinkörnigen Saat eine größere Zahl von Pflanzen hervor wie aus den großkörnigen, und zwar im Verhältnis zum Korngewicht beider. Bei gleicher Bestockung müßte demnach, um gleiche Ernteerträge zu sichern, die Produktivität des einzelnen Fruchtstandes in direkter Beziehung stehen zum Korngewicht. Bei ungünstigen Auflaufverhältnissen jedoch wird die kleinkörnige Saat bedeutend mehr Einbuße an Pflanzen erleiden wie die großkörnige, welcher Ausfall durch die Bestockung namentlich bei der schwachkörnigen Saat und weniger günstigen Wachstumsbedingungen nicht immer im entsprechenden Verhältnis ausgeglichen werden kann. Mit Berücksichtigung des Auflaufens ist die schwerere Saat empfehlenswert und die schwachkörnige verwerflich. Die Fälle dagegen, in denen ein besonders schweres Saatkorn als unproduktiv bezeichnet werden kann, werden weniger vorkommen. Beobachtungen beim Square head-Weizen, welcher infolge zu tiefer Saat im Herbst 1908 nicht aufgelaufen war, haben gezeigt, daß die kleinen mittelschweren Körner kürzere und nicht genügend starke Scheiden entwickelt hatten, welche nicht an die Erdoberfläche zu gelangen vermochten. Sie wurden vorzeitig zerknittert, und der Mehlkörper des Kornes war angequollen und noch nicht vollständig aufgezehrt. Die Scheiden aus den schwersten Körnern jedoch hatten die genügende Länge und Kraft, um an die Erdoberfläche zu gelangen. Der Mehlkörper war bei diesen in der Regel aufgezehrt.

Gerade das späte Auflaufen der Wintergetreide (Square head) 1908/09 konnte zeigen, daß das Saatgut unter ungünstigen Auflaufverhältnissen nicht leicht zu schwer sein kann.

B. Die Grösse der mechanischen Leistung der Keimscheide.

Die Bestimmungen zur genauen Festlegung des mechanischen Wertes der Keimblattscheide hinsichtlich der Querschnittsausbildung lassen einerseits eine sehr große Mannigfaltigkeit hierin je nach den inneren und äußeren Bedingungen ersehen, anderseits zeigen sie die Schwierigkeiten,

welche den genaueren Ermittlungen überhaupt entgegenstehen. Wie es sich mit den weiteren Faktoren des mechanischen Wertes verhält, geht aus dem folgenden hervor. Aus der Art dieser Faktoren ergibt sich, daß Feststellungen nur zum Teil von äußeren Merkmalen ausgehen können. Die Feststellungen über den wichtigsten Faktor, nämlich über die Größe der ausgeübten Druckkraft, fordern ein anderweitiges Vorgehen, welches in der direkten Ermittelung der Größe der mechanischen Leistung besteht, und dies ist um so wichtiger, da dabei zugleich alle anderen Faktoren des mechanischen Wertes in ihrer Gesamtwirkung zur Geltung kommen. Die Mannigfaltigkeit in den morphologischen Verhältnissen und auch in der Wachstumsweise begründet die Notwendigkeit, die direkten Bestimmungen der mechanischen Leistung auf Material entsprechend verschiedenartiger Ausbildung zu erstrecken, wenn ein umfassender Einblick gewonnen werden soll. Dies ist aber unerläßlich, wenn die Untersuchungen zur Aufklärung der Vorkommnisse in der Praxis, also unter den Verhältnissen in der freien Natur, führen sollen, da dort die verschiedentlich abgestuften und kombinierten Bedingungen zusammenwirken. Und was Züchtungsmaterial anbelangt, so ist von Wichtigkeit, zu wissen, wie sich die mechanischen Leistungen beim Auflaufen nicht unter bestimmten einseitigen Bedingungen allein — zudem, wenn sie teilweise unnatürliche, d. h. hier von den praktischen Verhältnissen wesentlich abweichende sind — verhalten, sondern auch, wie sie sich unter sonstigen Bedingungen stellen, welche die Keimpflanzen und im besonderen die Beschaffenheit und die Wachstumsweise ihrer Scheiden modifizieren. Auch sind die Leistungen der verschiedenfach modifizierten Keimscheiden unter nach Art und Größe verschiedenen Widerständen der Erde als des natürlichen Mediums, und unter den praktisch in Betracht kommenden Arten der Aussaat zu beobachten.

Die Grundlagen zur experimentellen Behandlung solcher Fragen hat Pfeffer in seiner Arbeit über Druck- und Arbeitsleistung durch wachsende Pflanzen niedergelegt. Befassen sich die Versuchsanstellungen auch in der Hauptsache mit Wurzeln, so geht doch die Bedeutung der Arbeit über diesen Sonderfall weit hinaus, da sie die Probleme der

Druck- und Arbeitsleistung wachsender Pflanzen überhaupt behandelt. In methodischer Hinsicht gibt Pfeffer die Mittel und Wege sowohl zu direkten Druckmessungen an, wie auch zu vergleichenden Bestimmungen beim Wachstum in Medien mit bestimmter Art und Größe der Widerstände, da sich auch darnach die Größe der Leistung und die Art der Widerstandsüberwindung verschieden verhalten können. Auf diesen Punkt legt Pfeffer ein besonderes Gewicht, indem er (S. 279) sagt: „Nach alledem dürfte die biologisch bedeutungsvolle Leistungsfähigkeit der Pflanzen unter Umständen besser als durch Druckmessungen nach dem Verhalten gegen die Medien zu beurteilen sein, die je nach dem Widerstande ein Durchbrechen gestatten oder verwehren.“ Pfeffer verweist hier auf Versuche über das Vordringen von Wurzeln in Ton verschiedener Konsistenz, in homogener Celloidinmasse, auf das Durchdringen von ungleich starkem Stanniol. Um eine annähernde Vorstellung von dem Widerstande zu bekommen, den die im Ton vordringende Wurzel zu bewältigen hat, wurde der Spitze von Stricknadeln die Form der Wurzelspitze gegeben und alsdann so belastet, daß sich die Spitze allmählig im Ton fortbewegte. So ergab sich z. B. daß die Wurzel von Vicia faba einen Widerstand bis 140 g zu überwinden hatte.

Speziell mit den mechanischen Leistungen der Koleoptile befaßten sich die Versuche von Weinzierls. Dieser ermittelte:

1. die Anzahl der Keimlinge, welche durch verschieden starke Stanniollagen bei verschiedenen Bedingungen hindurchwuchsen (Durchwachsungsversuche). Diese Anzahl ergab das Maß der „Durchwachsungsenergie.“

2. Zur Ermittelung der Größe der Arbeitsleistung beim Durchbrechen des Stanniols wurden Stahlstifte von der Form und durchschnittlichen Größe der Keimscheiden der verschiedenen Getreidegattungen durch Stanniolblättchen hindurchgedrückt und die hierzu nötige Druckkraft nach Gewicht bestimmt (Perforationsversuche). Die Gewichte ergaben die Größe der „Perforationsstärke.“

Bei den Durchwachsungsversuchen wurden Gläser teils mit dickem Filtrierpapier, teils mit Erde als Keimmedium

derart gefüllt, daß die Entfernung der Keimlinge von der mit Stanniol überspannten Gefäßmündung 2; 2·5; 3; 4·5 und 6 cm betrug.

Die Körner der vier Hauptgetreidegattungen (ohne Sortenangabe) wurden 24 Stunden eingequellt und je 50 gleich schwere Körner in die entsprechend vorbereiteten Glasgefäße ausgelegt. Wenn die Samen soweit ausgekeimt waren, daß bei sämtlichen Körnern bereits die Blattknospe und Wurzeln deutlich sichtbar waren, was gewöhnlich schon einen Tag nach dem Auslegen eintrat, wurden die Gläser mit Stanniol überspannt.

Um verschiedene Widerstände zu schaffen, wurden durch einfache, doppelte und dreifache Lage mit zwei verschiedenen Stanniolsorten von 0,01054 und 0,01367 mm sechs verschiedene Widerstände geschaffen. Um den Einfluß des Lichtes auf die Durchwachsungsenergie kennen zu lernen, wurde die eine Hälfte der Versuche dem Tageslicht ausgesetzt, die andere im Dunkeln gehalten.

Es kann hier nicht die vollständige Tabelle dieser Versuche angegeben werden, es genüge folgender Auszug aus den Ergebnissen bei Saattiefen, wie sie auch bei den unten beschriebenen eigenen Versuchen verwendet wurden. In Prozenten waren durch eine einfache Lage von dünnem Stanniol Keimlinge durchgewachsen:

Abstände von der Stanniol-fläche mm	Licht			Dunkel			
	15	20	40	15	20	40	
Weizen	64	74	12	72	60	32	Filtrier-papier als Keim-substrat.
Gerste	28	12	—	62	54	14	
Roggen	54	26	4	50	36	6	
Hafer	26	18	—	28	16	—	

Die einzelnen Keimlinge verhielten sich sonach ungleich, es ist immer nur eine Anzahl davon durchgewachsen. Im Dunkeln war das Durchwachsungsprozent fast durchaus größer als im Lichte. Besonders groß war der Unterschied bei Gerste, am geringsten beim Hafer. Die Resultate sind nicht ganz eindeutig, in der Hauptsache ist die Reihenfolge absteigend: Weizen, Roggen, Gerste, Hafer.

Bei den Versuchen über Perforationsstärke wurden die schon erwähnten Stahlstifte auf das eine Ende einer für diesen Zweck besonders konstruierten Wage so aufgesetzt, daß die Spitze eine darüber angebrachte, über ein Becherglas gespannte Stanniolfläche durchbohren mußte, sobald der Wagebalken auf der anderen Seite genügend belastet wurde.

Bei diesen Versuchen wurden je nach der Stärke des Stanniols folgende Werte gefunden:

Weizen	6.2 bis 31.0 g
Roggen	12.9 bis 53.5 g
Gerste	15.5 bis 68.6 g
Hafer	18.5 bis 69.7 g

Das wäre also die umgekehrte Reihenfolge wie bei der Durchwachsungsenergie. „Der einzelne Keimling hat demnach beim Weizen die kleinste Arbeitsleistung beim Durchwachsen zu vollführen, während der Hafer in dieser Hinsicht am meisten in Anspruch genommen ist.“ Je kürzer der Stift war, desto leichter wurde das Stanniol durchstoßen, die Perforationsstärken waren der Länge des Stiftes verkehrt proportional.

v. Weinzierl kommt zu folgenden Schlußergebnissen:

1. Die Keimlinge der vier Hauptgetreidegattungen durchwachsen in der Regel schon nach 4—5 Tagen das gespannte Stanniol mit verschiedener Energie, welche mit der Dicke des Stanniols und der Entfernung des Samens von der Fläche abnimmt.

2. In allen Fällen durchwachsen nur solche Keimlinge das Stanniol, bei welchen die Koleoptile vom ersten Laubblatt noch nicht durchbrochen ist.

3. Bei den im Dunkeln angestellten Versuchen wachsen die Keimlinge besser durch wie bei den im Lichte vorgenommenen, am leichtesten, wenn die durch den Einfluß des Lichtes bewirkte heliotropische Krümmung vollständig ausgeschlossen war, so daß der negativ geotrope Sproß die Stanniolfläche genau senkrecht treffen konnte.

4. Die Durchwachsungsenergie, d. i. der Prozentsatz der durchwachsenen Keimlinge, ist bei den Hauptgetreide-

gattungen verschieden und läßt sich in folgende Reihe bringen: Weizen, Roggen, Gerste, Hafer; bei Weizen ist dieselbe am größten und nimmt gegen Hafer zu ab. Hingegen kehrt sich die Reihe um, wenn die vier Getreidegattungen nach der von den Keimlingen bei der Perforation geleisteten Arbeit geordnet werden.

Die eigenen Versuchsanstellungen beschränkten sich zunächst auf die Wiederholung der Versuche von Weinzierl. Denn diese Art der Versuchsanstellung erschien vom praktischen Standpunkt und für allenfallsige praktische Zwecke am gelegensten, jedoch muß vorbehalten bleiben, die Resultate nach den im Eingang dieses Abschnittes angedeuteten Gesichtspunkten in weiterem Rahmen zu prüfen.

Die Wiederholung der Versuche v. Weinzierl's war auch deshalb angezeigt, weil die Ergebnisse hinsichtlich der Reihenfolge der Durchwachsungsprozente, bei der Roggen an zweiter Stelle steht, den durchschnittlichen praktischen Beobachtungen nicht entspricht, nach denen Roggen gegen tiefere Saat und viel mehr als die anderen Getreide besonders empfindlich ist und am wenigsten der Hafer, wie auch die Versuche von Niggl ergeben haben. Die Ermittelungen über die Querschnittsdimensionen der Keimscheide (S. 23) sind zwar nicht eindeutig, sprechen aber doch mehr dafür, daß außer Weizen auch Gerste und wohl auch Hafer über dem Roggen stehen, und daß dies Verhältnis auch meistens für die Trägheitsmomente zutrifft (S. 52); aber es war auch auf die wesentlichen Sortenunterschiede in den mechanischen Querschnittswerten hinzuweisen, und diese Unterschiede machten es notwendig, die Versuchswiederholungen auf verschiedene Sorten auszudehnen.

1. Die Perforationsversuche.

Hier wurde zunächst festgestellt, daß zum Durchdrücken der Spitze von Nachbildungen von Koleoptilen aus Holz durch Stanniol der gleiche Kraftaufwand erforderlich war, mochten sie kürzer oder länger eingespannt sein. Deshalb kann die verschiedene „Perforationskraft“ in den Versuchen v. Weinzierl's nicht aus der Stiftlänge erklärt werden. Wenn die Zahl der durch Stanniol gewachsenen Keime bei größe-

rer Entfernung der Körner vom Stanniol abgenommen hat, so erklärt sich das aus der seitlichen Abbiegung. Es verschob sich auch die Reihenfolge der Getreide bei größerem Abstand der Körner von dem Stanniol. Da bei obigen Durchdrückungsversuchen Biegungen unterblieben, so bestanden von den Stiftlängen abhängige Unterschiede in der zur Durchbohrung des Stanniols nötigen Kraft nicht. Wurden aber von Koleoptilen ein und derselben Sorte Nachbildungen aus Holz oder Stahl angefertigt, denen die den Längenunterschieden, d. h. den verschiedenen Entwicklungsstadien entsprechend verschiedene Spitzenformen gegeben waren, so war die Perforationsstärke verschieden, wie folgende Tabelle zeigt:

l (mm)	Perforationsstärke	Material
50	16.6 g	Stahl
40	16.4 „	Holz
30	16.2 „	„
30	14.0 „	„
25	13.9 „	Stahl

l = Länge des Stifts in Form der Keimscheide.

Den verschiedenen Längen der Scheiden entsprechen also hier verschieden große zur Durchbohrung des Stanniols erforderliche Kräfte, was nur auf der verschiedenen Form der Spitzen beruhen kann.

In einer Glasröhre wachsende Gerstenkeimscheiden von 1 bezw. 4 cm Länge wurden auf den einen Hebelarm einer Wage gesetzt und durch Belastung des andern gegen Stanniol gedrückt. Es gelang in keinem Falle, jene von 4 cm Länge durch das Stanniol hindurchzudrücken, da bei entsprechender Belastung eine mit Verletzung der Spitze verbundene Seitwärtsbiegung der Keimscheide oder ein Gleiten der Spitze erfolgte. Bei 1 cm Länge derselben gelang der Versuch mit einer Belastung von 15 g.

Zur Prüfung der Perforationsstärke der Hauptgetreidegattungen wurden Holzstäbchen in der durchschnittlichen Größe und Form von 30—50 mm langen Koleoptilen einer Sorte hergestellt, und durch Stanniol gedrückt. Die hierbei gewonnenen Zahlen entsprechen den Ergebnissen v. Wein-

zierl's (S. 59) zwar in der Reihenfolge der Getreidegattungen, nur sind die Unterschiede geringer als dort. Schlüsse über die Größe der von den Scheiden der Getreidegattungen ausgeübten Druckkraft, sowie über eine Beziehung zur Durchwachsungsenergie derselben können nicht gezogen werden, da auch bei diesen Versuchen die Form der Spitze mitwirkt.

Gattung und Sorte	Perfor.-St.	Schwankungen
Strubes Square head Weizen	10.29	9.5—12.1
Svalövs Primus-Gerste	14.60	13.7—15.0
Petkuser Roggen	12.50	10.7—13.8
Strubes Hafer	16.30	12.8—18.4

Verschiedene Sorten wurden bei diesen Versuchen nicht geprüft, da die Herstellung von Stäbchen, in denen die Form der Spitze der Scheiden verschiedener Sorten zum Ausdruck kommen soll, zu ungenau erschien.

2. Durchwachsungsversuche.

Die Versuche erstreckten sich nicht auf jene Bedingungen, bei welchen v. Weinzierl beobachtet hatte, daß nur ganz wenige oder gar keine Keime die einfache Stanniollage durchbohrten. Starkwandige Glasgefässe wurden bis zu Entfernungen von 1,5 cm, 2 cm und 4 cm von der Stanniolfläche mit gesiebter Gartenerde gefüllt. Zur Verwendung kamen je 50 Körner verschiedener Sorten der Getreide, von denen jede, ausgenommen Weizen, doppelt geprüft wurde. Die Körner wurden in möglichster Gleichmäßigkeit ausgesucht, 12 Stunden eingeweicht und senkrecht bis an die Spitze in die Erde eingedrückt. Die Versuche dieser Gruppen wurden folgendermaßen modifiziert:

a) Die eine Versuchsreihe stand im Lichte.

b) Die andere in einem dunklen Kasten.

c) Bei der dritten wurden die Körner nach dem Ankeimen bis zur Stanniolfläche mit Erde bedeckt und gleichfalls dunkel gehalten (c_1). Bei einem Teil dieser Versuche (c_2) standen verschiedene Sorten nur bei einer Tiefenlage der Körner von 1,5 cm im Vergleich. Die Gläser standen alle in einem Zimmer mit einer Temperatur von 14 bis 18° C. Nach 10 Tagen waren sämtliche Keimlinge im

Wachstum so weit fortgeschritten, daß die Versuche geschlossen werden konnten.

1. Die Versuche ergeben in erster Linie den schwächenden Einfluß des Lichtes und den günstigen der Erdbedeckung auf die mechanische Leistungsfähigkeit der Koleoptilen. Ersterer beruht auf dem geringeren Längenwachstum und der verminderten Wandstärke der Scheide (s. S. 38), letzterer auf dem besseren Wachstum und außerdem auf der mechanischen Stützung der Koleoptile durch die sie umgebende Erde.

2. Mit der Saattiefe verminderte sich die Zahl der durchgewachsenen Keimlinge, jedoch bei den drei Gruppen von Versuchen in verschiedenem Maße. Bei 2 cm Abstand der Körner von der Stanniolfläche im Versuch a war die Zahl der durchgewachsenen Scheiden schon stark vermindert, ebenso bei 4 cm im Versuch b. Bei a erreichten bei 4 cm die Koleoptilen die Stanniolfläche nicht, wohl aber bei b.

3. Die verschiedenen Getreidegattungen zeigten eine verschiedene Durchwachsungsenergie, und diese war wieder verschieden nach Sorten und nach den speziellen Wachstumsbedingungen. Im Falle der Erdbedeckung bis zur Stanniolfläche und bei einer Saattiefe von 1,5 cm war die Reihenfolge absteigend in Versuchsreihe c_1: Weizen, Gerste, Roggen, Hafer, die Gattungen in allen Sorten, ausgenommen Ligowohafer;
in Versuchsreihe c_2 im Mittel: Weizen, Gerste, Hafer, Roggen. Etliche Hafersorten kommen aber einigen Gerstensorten ziemlich gleich, ebenso etliche Gerstensorten den leistungsfähigeren Weizensorten. Roggen erreicht nur in einer Sorte die schwächeren Gerste- und Hafersorten.

In der Reihe c_1 mit 2 cm Saattiefe steht Weizen abermals an der Spitze und zwar in allen Sorten, dann folgen Gerste, Hafer, Roggen. (Nur Fichtelgebirgshafer wird von einer Roggensorte erreicht.)

In Reihe c_1 mit 4 cm Erdbedeckung sind von allen Weizensorten die meisten Scheiden durchgedrungen, Gerste steht auffällig hinter Roggen und Hafer zurück, Hafer verhielt sich überwiegend etwas besser als Roggen. Dieses Verhalten der Gerste kann durch die geringe Wandstärke

der Koleoptilen in Richtung der kleinen Achse an der Spitze erklärt werden. (S. 26).

In Versuchsreihe b sind die Reihenfolgen bei 1,5 cm: Weizen, Gerste und Hafer (Ausnahme Ligowo), Roggen; bei 2 cm: Weizen, Gerste und Hafer (im Verhältnis zu einander mit Schwankungen nach Sorten), Roggen; bei 4 cm: Von Weizen und Hafer sind 2, von der Gerste ist nur ein, von Roggen kein Keimling durchgewachsen. Die Zahl der durchgewachsenen Keime ist bei b durchweg geringer als bei c_1. In der Reihe a bestehen große Verschiedenheiten nach Sorten.

Im großen und ganzen überwiegt also die Reihenfolge: Weizen, Gerste, Hafer, Roggen mit sortenweisen Abweichungen, namentlich im Verhältnis von Gerste und Hafer.

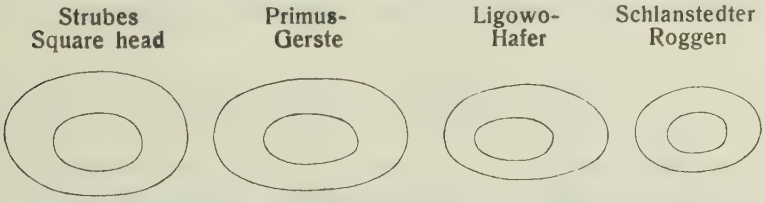
Diese Reihenfolge nimmt im ganzen mit den praktischen Erfahrungen, nach denen Weizen die größte, Gerste und Hafer eine mittlere, Roggen die geringste Durchwachsungskraft des Bodens zeigen. Der Weizenkeimling läuft auch unter sehr extremen Bodenverhältnissen noch auf und hebt in verkrustetem Boden oft ganze Schollen ab, und Roggen ist das Getreide, bei dem am häufigsten Klagen über schlechtes Auflaufen geäußert werden. Können auch anderweitige Ursachen bei schlechtem Auflaufen beteiligt sein, als unzulängliches Wachstum und unzulängliche mechanische Leistung der Keimscheiden, so müssen doch auch solche Mängel in Betracht gezogen werden, die bei einer und derselben Sorte je nach den Bedingungen, die zur Zeit der Ausbildung des Keimlings und in der Zeit der Keimung herrschen, in verschiedenem Maße zum Vorschein und zur Wirkung kommen können.

Zur möglichsten Erklärung der Versuchsergebnisse ist von den einzelnen Faktoren der mechanischen Leistung der Keimscheiden auszugehen, welche schon oben (S. 47) namhaft gemacht wurden.

Die absolute Größe der von den Keimscheiden ausgeübten Druckkraft konnte nach obiger Versuchsmethode zutreffend nicht ermittelt werden. Nach den Ergebnissen der Perforationsversuche würde sie zwischen 10 und 20 g schwanken, jedoch gibt dies, wie schon erwähnt, keinen Maßstab

für die von den Keimscheiden ausgeübte Druckkraft. Eher lassen noch die Durchwachsungsversuche einen relativen Vergleich hierüber zu, obwohl auch hierbei die Form der Spitze in Wirkung kommt.

Die Form der Spitze ist, wie schon mehrfach bemerkt, verschieden. Aus den Perforationsversuchen wurde geschlossen (S. 61), daß die verschiedene Perforationsstärke auf der verschiedenen Form der Spitze beruhen werde. Bei den Durchwachsungsversuchen handelt es sich besonders um die Wirkung der äußersten Punkte der Spitze. Mit Verringerung der Zahl der Angriffspunkte muß sich die Größe der zum Durchdrücken durch Stanniol erforderlichen Kraft (Perforationsstärke) verringern, bezw. die Zahl der durch Stanniol durchgewachsenen Keimlinge erhöhen; denn wenn einmal eine geringe Oeffnung im Stanniol vorhanden ist, wird der Keimling sich leicht weiter durchschieben. Eine Vorstellung der wirksamen Punkte kann man erhalten, wenn man Koleoptilenspitzen auf eine mit Oel befeuchtete berußte Stanniolfläche drückt. Auf diese Weise wurden die folgenden Bilder erhalten, welche auch zeigen, daß zwischen Form des Querschnittes und Form der Spitze der Koleoptile eine Uebereinstimmung besteht. Es ist wahrscheinlich, daß keilförmige Spitzenformen, sofern sie nicht zu flach verlaufen, wegen Verringerung der Zahl der Angriffspunkte günstiger sind als runde kegelförmige Spitzen.



Wahrscheinlich werden je nach den Bedingungen der Ausbildungs- und Wachstumsweise der Blattkeimscheiden für die mechanische Wirkung wichtige Abweichungen in den Spitzenformen zum Vorschein kommen, worauf verschiedene Beobachtungen über die Querschnittsänderungen von der Basis zur Spitze der Keimscheiden hindeuten. Daß Querschnittsdimensionen und Trägheitsmomente der Koleoptilen der verschiedenen Getreidegattungen im allgemeinen im Sinne

der Ergebnisse der Durchwachsungsversuche sich erhalten, wurde schon S. 24 und 52 erörtert. Für sich allein können diese Verhältnisse natürlich bei der Größe der mechanischen Leistung nicht entscheidend sein.

Zur Erklärung der bei den Durchwachsungsversuchen beobachteten Sortenunterschiede mit Bezug auf die mechanischen Faktoren genügt das Material nicht, vor allem fehlt auch die Kenntnis der vermutlich verschiedenen Höhe der Druckkraft, welche von verschiedenen Sorten geleistet werden kann. Wahrscheinlich ist dabei das Korngewicht von besonderer Bedeutung, da dies, wenn es größer ist, eine größere Substanzmenge enthält und schwere Körner auch kräftigere Keime besitzen, was nicht nur eine mechanisch stärkere und stärker wüchsige Keimscheide (S. 53) mit stärkerer Spitzensteckung (S. 44), sondern auch eine gesteigerte Druckkraft bei gesteigerten Widerständen entstehen läßt.[1]) Korngewichtsunterschiede können darnach das Verhältnis der Sortenleistung wesentlich verschieben und z. B. bewirken, daß Keimlinge einer Sorte von mechanisch geringerem Werte doch eine höhere Leistung entfalten als Keimlinge einer anderen Sorte von durchschnittlich höherem mechanischen Werte, wenn bei jener die Körner besonders schwer, bei dieser besonders leicht sind. Ebenso können Umstände, die die Ausbildung der Keimlinge irgendwie benachteiligen oder besonders begünstigen, das Verhältnis in der mechanischen Leistung beim Auflaufen erheblich verschieben.

Keimkraft-Apparat von E. Scharf.

Ausgehend von der häufig zu beobachtenden Erscheinung, daß aufgehende Weizenkeimlinge Schollen von Erde lossprengen und in die Höhe heben, und daß Rübensamenkeimlinge in den Keimversuchen Glasplatten von beträchtlicher Schwere heben, hat E. Scharf einen „Keimkraftapparat“ konstruiert, der gestatten soll, die Kraft zu messen, welche die Rübensamenkeimlinge zur Sprengung der Ackerkruste aufwenden können.[2])

---

[1]) Vergl. Pfeffer l. c. S. 336.)
[2]) Deutsche Landw. Presse 1906 No. 63, 64.

Scharf meint auch, daß die bisherige Methode der Bestimmung der Keimungsenergie im üblichen Sinne bei Rübenkeimen keine reelle Wertbestimmung ermögliche, denn es könne ein Samen sehr wohl schnell keimen, aber die Keimlinge könnten schwach sein, so daß sie vielfach die Ackerkruste nicht durchdringen oder bald eingehen würden. Er faßt also den Begriff der Keimungsenergie anders auf als üblich.

Ein zur Messung der von den Keimlingen beim Durchwachsen der Erde ausgeübten Druckkraft geeigneter Apparat wäre sehr wertvoll. Der von E. Scharf zunächst für Rübensamen konstruierte Keimkraftapparat schien die Möglichkeit zu bieten, auch die von den Getreidekeimlingen ausgeübte Kraft zu messen. Es wurde hierbei die in dem Apparat vorgesehene Belastung von 1000 gr pro 100 Keimlinge belassen, da nach früheren Ermittelungen die von einem Keimling ausgeübte Druckkraft zwischen 10—20 g beträgt. Die Versuche wurden in der von Scharf angegebenen Weise im August im Zimmer bei einer wechselnden Temperatur durchgeführt. Die täglichen Schwankungen in der Temperatur veränderten jedoch den Verlauf der Kraftkurven weniger, als die Unterschiede zwischen Tag und Nacht, welche sehr regelmäßige und auffällige Wellenlinien ergaben.

Es wurden folgende Kraftäußerungen gemessen:

Mikra[1]) nach	2 Tagen	4 Tagen	6 Tagen	7 Tagen
Strubes Square head	120	670	2195 (5 Tagen)	2755
Schlanstedter Roggen	95	500	1550	—
Primus-Gerste	25	755	2340	3375
Goldthorpe-Gerste	60	750	2950	—
Prinzess-Gerste	60	1290	3020	—

Die größte Kraftäußerung zeigt die Gerste mit Unterschieden nach Sorten, eine geringere Weizen, die geringste der Roggen. Hafer wurde nicht geprüft. Die Reihenfolge hinsichtlich der Kraftäußerung der Keimlinge bei den verschiedenen Getreiden entspricht annähernd den früheren Be-

[1]) Mikra bedeutet nach Scharf die Zeigerstellung, das ist die Höhe (in Tausendstel-mm), zu welcher die Belastung von 1000 g in einer bestimmten Zeit gehoben wird. Mikra bedeutet somit eine Arbeitsleistung.

funden. Jedoch ist die Reihenfolge in Bezug auf den Fortgang der Kraftäußerung eine etwas verschiedene. Augenscheinlich keimten die Getreidegattungen verschieden rasch und erreichten deshalb in verschiedenen Zeiten ihre höchste Kraftäußerung.

Zuverlässige Schlüsse über die tatsächlich von den Keimlingen beim Durchwachsen der Erde ausgeübte Druckkraft sind jedoch nicht zu ziehen. Der Apparat paßt für gröbere Kraftvergleichungen, zu wissenschaftlich genauen Bestimmungen jedoch nicht.

Das Wachstum der Keime in dem Apparat ähnelt demjenigen in einem dichten, verkrusteten Boden. Die Keimfähigkeit war in dem Apparat bis zu 15—22 Proz. geringer. Es kommt also eine von der zufälligen Keimfähigkeit der Sorte in dem Apparat abhängige Kraftanzeige zustande. Ein Teil der Keimscheiden wird schon in der ersten Entwicklung zerstört und kommt ebenfalls nicht zur Wirkung, z. B. in einem Fall 12 Prozent. Die übrigen biegen sich, sobald sie die Glasplatte erreichen, seitwärts, der obere Teil der Scheiden wird zwischen diese und Sand eingeklemmt, während der rückwärts liegende Teil nachschiebt. Die Gesamtwirkung in dem Apparat ist demnach eine komplizierte. Ein praktisches Hindernis für seine Anwendung bildet auch die Erschwerung der Bestimmung bei gleichen Temperaturen. Es müßte zu dem Zwecke eine nicht unbeträchtliche Keimkammer schon für wenige Apparate eingerichtet werden.

Untersuchungen über die Anwendbarkeit des Apparates haben Busse und Ulrich[1]) angestellt. Ihr Urteil lautet folgendermaßen:

„Es ist keineswegs erwiesen, daß in solchen Fällen, wo die Resultate der neuen und der alten Methode von einander abweichen, die mit dem Scharf'schen Apparat gewonnenen Werte größeres Vertrauen verdienen als die Ergebnisse der altbewährten Untersuchungsmethoden. Aus unseren Zahlen ist ersichtlich, daß für diejenigen Samenproben, die im Scharf'schen Apparat die größte Keimkraft gezeigt haben, auch die gewöhnliche Methode gute Resul-

[1]) Arbeiten der K. B. A. f. L. und F. Band VI, Heft 3, 1908.

tate geliefert hat, und daß die gleiche Uebereinstimmung der Ergebnisse bei den schlecht keimenden Sorten sich findet. Aus verhältnismäßig geringen, mit diesem Apparat festgestellten Unterschieden schwerwiegende Schlüsse auf den praktischen Wert der Saaten zu ziehen, ist unzulässig."

Zusammenfassung und Schluß.

Von den Feststellungen der Arbeiten seien hier die folgenden in Kürze zusammengefaßt:

1. Die Längen, welche die Keimscheiden in der Luft bis zum Durchbrechen des ersten Blattes erreichen, sind bei Gleichheit äußerer Verhältnisse nach inneren Eigenschaften (Gattung und Sorte, Korngewicht) verschieden. Auf die erreichbaren Längen haben die äußeren Verhältnisse einen maßgebenden Einfluß, aber bei allen Sorten genügen die erreichbaren Längen, um innerhalb der Grenze der praktisch in Betracht kommenden größten Saattiefen die Erdoberfläche erreichen zu können. Beim Hafer bestehen sortenweise Unterschiede in dem Verhältnis, in welchem das Mesokotyl an der Gesamtlänge (Koleoptile + Mesokotyl) Anteil hat. Im übrigen verändern sich aber diese Verhältnisse je nach den Kulturbedingungen.

2. Waren die wachsenden Keimscheiden im Dunkeln mit Erde bedeckt, so erreichten sie durchschnittlich eine größere Länge als beim Wachstum in der Luft.

3. Beim Wachstum im Dunkeln in der Luft war das Längenwachstum stärker, wenn die Luft sehr feucht war, noch mehr aber, wenn die Scheiden in feuchter Luft heranwuchsen. Beim Hafer war im Fall der Erdbedeckung viel mehr das Längenwachstum des Mesokotyls, als das der Koleoptile gefördert.

4. Bei Hafer war bei 12 Grad mittlerer Temperatur das Längenwachstum ebenso groß wie bei 18 Grad mit Erdbedeckung, jedoch verlängerte sich erstenfalls die Koleoptile verhältnismäßig mehr als das Mesokotyl.

5. Waren die Kulturen dem Licht ausgesetzt, so ging das Längenwachstum der Koleoptile sofort zurück und zwar ausnahmslos, und bei Saattiefen bis zu 9 cm mehr, wenn

die Belichtung (Besonnung) stärker als wenn sie schwächer war.

6. Die Wachstumsgeschwindigkeit nahm im allgemeinen mit den Scheidenlängen zu.

7. Die Streckung der Keimblattscheide in der Luft erfolgt in der Weise, daß unter Wachstumsbedingungen, welche eine genügende Längenentwicklung der Koleoptile ermöglichen, die Zone der stärksten Streckung anfangs mehr basal ist und sich dann immer mehr gegen die Spitze hin verschiebt. Die Streckungsverteilung erfährt aber mancherlei Abänderungen; so war das Spitzenwachstum ganz besonders beträchtlich im Falle der Erdbedeckung. Es bestehen auch Verschiedenheiten bei Körnern verschiedenen Gewichts.

8. Größe und Form des Querschnittes der Koleoptile, die Wandstärken in Richtung der großen und kleinen Achse im unteren und oberen Teil der Keimscheide, haben eine nach Gattung und Sorte, und bei gleicher Sorte nach Korngewicht verschiedene Ausbildungsweise, welche weiter durch die äußeren Bedingungen beeinflußt wird, desgleichen ist die Form der Spitze eine verschiedene.

Aus den verschiedenen Größen- und Formverhältnissen der Querschnitte ergeben sich verschiedene Trägheitsmomente. Im ganzen läßt sich aus den Form- und Querschnittsverhältnissen und der Wachstumsweise erkennen, daß die Keimscheide den zu überwindenden Widerständen wohl angepaßt ist, daß aber hierin nach Getreide-Gattung und -Sorte, Korngewicht, äußeren Bedingungen die verschiedensten Abstufungen in den Faktoren der mechanischen Leistungsfähigkeit bestehen.

9. Was die Größe der Druckkraft anbelangt, so konnte diese mit den angewandten Mitteln nicht direkt bestimmt werden. Die Durchwachsungsversuche lassen wesentliche Verschiedenheiten auch nach Sorten erkennen und zwar im allgemeinen absteigend in der Leistungsreihenfolge: Weizen, Gerste, Hafer, Roggen.

Die vorliegenden Ermittelungen dürften gezeigt haben, daß in der Tat, wie einleitend bemerkt, bei den hierher gehörigen Erscheinungen eine überaus große Mannigfaltigkeit besteht, was eine abschließende Bearbeitung ganz un-

tunlich machte. Interessiert auch von den zahlreichen in Betracht kommenden Einzelfragen eine Anzahl mehr vom Standpunkt der Pflanzenphysiologie überhaupt, so verbleiben doch noch viele andere, welche das Verhalten der Getreidekeimlinge beim Auflaufen im Freien unter den Bedingungen der Praxis betreffen. Für den besonderen Zweck der Züchtungsauslese, nämlich die vermutlich auch nach Linien abweichende Leistungsfähigkeit in Bezug auf die Ueberwindung von Widerständen beim Auflaufen, also in Bezug auf die Sicherheit der Entstehung eines gut geschlossenen Bestandes unter ungünstigen Verhältnissen der Bodenbeschaffenheit und der Witterung zu ermitteln, erübrigt augenblicklich nur die direkte Feststellung der Leistung, wofür die Methode der Durchwachsungsversuche in Anwendung kommen kann. Solche Versuche werden sich mit der Feststellung zu verbinden haben, ob Formen und Linien, die sich durch besonders große mechanische Leistung in der Jugend auszeichnen, nicht auch im Verlauf der weiteren Entwicklung besondere Vorzüge besitzen, z. B. in Richtung der Produktionsgröße und der Widerstandsfähigkeit gegen ungünstige äußere Einflüsse und Pilzbefall.

Ganz besonders aber kann augenblicklich auf ein wichtiges Ergebnis der Untersuchungen hingewiesen werden, das sind die Beziehungen der Ausbildung und Wachstumsweise der Keimscheiden zur Menge der im Korn abgelagerten Reservestoffe, also zum Korngewicht. Mögen sich unter günstigen äußeren Umständen die Vorzüge der Entwickelung der Koleoptile von Keimlingen aus schweren Samen wenig oder auch gar nicht bemerkbar machen, bei ungünstigen Verhältnissen kommen sie gewiß in Betracht; wir können in diesem Punkte die Ergebnisse der Untersuchungen als eine Stütze für die Aufrechterhaltung der Erfahrung ansehen, daß entgegen abweichenden Meinungen der jüngsten Zeit zur Saat doch die schwersten Körner vorzuziehen sind.

Tabellen und Kurven.

Tabelle I.

Ausbildung der Koleoptilen.

Beim Wachstum a) in der Luft unter Lichtabschluss (Kulturen b_1) (Temp. + 18° C.)

1. Weizen

Sorte	g[1]	l[2]	M[3]	d[4] (mm) Basis	d[4] (mm) Spitze	2 w[5] (mm) Basis	2 w[5] (mm) Spitze	Fe[6] (mm²) Basis	Fe[6] (mm²) Spitze	Ja[7] Basis	Ja[7] Spitze
Beseler Squarehead	4.6	49.6	± 1.03	1.600 . 1.164 0.848 . 0.864	1.448 1.224 0 828 0.804	0.752 . 0.300	0.620 . 0.420	0.888	0.869	0.974	1.100
Cimbals Elite Squarehead	4.4	50.6	± 0.68	1.568 . 1.228 0.884 . 0.768	1.424 1.168 0.884 0.840	0.684 . 0.460	0.540 . 0.328	0.980	0.721	1.220	0.900
Strubes Squarehead	4.3	49.0	± 0.71	1 532 . 1.260 0.904 . 0.876	1.428 1.204 0.928 0.832	0.628 . 0.384	0.500 . 0.372	0.966	0.760	1.200	0.967
Buhlendorfer braunk. „	5.1	48.2	± 1.09	0.544 1.128 0.848 0 840	1.344 1.040 0.908 0.808	0.696 . 0.288	0.436 . 0.232	0.840	0.527	0.846	0.510
Hallets Pedigree W.	5.6	54.2	± 1.43	1.574 1 140 0.812 0 800	1.436 1.158 0.884 0 884	0 762 . 0.340	0552 . 0.284	0.900	0.702	0.966	0.820
Rimpaus Bastard „	4.7	44.0	± 1.96	1.565 1.165 0.895 0.750	1.470 1.130 0.910 0.800	0.640 . 0.415	0.560 . 0.330	0.823	0.732	1.046	0.811
Moldsred prolific „	4.0	55.2	± 2.14	1.620 1.220 1.824 0.876	1.384 1.140 0 880 0.896	0.796 . 0.344	0.504 . 0.244	0.970	0.618	1.222	0.698
Nordstrand Landw.	4.2	56.2	± 2.74	1.640 1 280 0.916 . 0.948	1.408 1 212 1.032 0.948	0 624 . 0.336	0.376 . 0.264	0.978	0.651	1.462	0.801
Fürstenfelder „	3.4	54.2	± 2.98	1.604 . 1.200 0 920 0.822	1.352 1.124 0.788 0 888	0.684 . 0.378	0.564 . 0.236	0.920	0.643	1.023	0.672
Märkischer „	5.2	50.4	± 1.86	1 604 1.248 0.872 0.836	1.420 1.204 0.936 0.908	0.732 . 0.418	0.484 . 0.296	0.995	0.678	1.180	0.874
Straubinger „	4.2	50.0	± 1.64	1.464 1.220 0.980 0.916	1.388 1.176 0.968 0.824	0.484 . 0.304	0.320 . 0.352	0.695	0.561	0.944	0.756
Gesamt-Mittel	4.52	51.1		1.574 1.205 0.882 0.845	1.400 1.163 0.813 0.858	0.692 0.360	0.588 0.305	0.905	0.678	1.096	0.870

[1]) Hundertkorngewicht.
[2]) Länge der Keimscheide.
[3]) Mittlerer wahrscheinlicher Fehler des arithmetischen Mittels für die Scheidenlängen.
[4]) Länge der Querschnittachsen in Basis und Spitze der Koleoptilen bezw. der Mesokotyle. (Länge des inneren u. äusseren Durchmessers in Richtung der grossen u. kleinen Achsen.)
[5]) Summe der Wandstärken je zweier gegenüberliegenden Querschnittstellen in Richtung beider Achsen.
[6]) Grösse der Querschnittsfläche.
[7]) Trägheitsmoment der Querschnittsfläche bezogen auf die grosse Achse a.

Tabelle I

Kulturen b_1 2. Gerste.

Sorten	g	l	M.	d (mm)		2w (mm)		Fl (mm²)		Ja	
				Basis	Spitze	Basis	Spitze	Basis	Spitze	Basis	Spitze
Plymage	6.42	61.4	+ 0.40	1.940 . 1.652 1.108 . 1.052	1.744 . 1.224 1.256 . 1.116	0.832 . 0.600	0.488 . 0.108	1.610	1.360	3.62	0.72
Imperial	4.74	51.1	± 0.55	1.964 . 1.252 1.124 . 1.092	1.740 . 1.172 1 180 . 0.996	0.860 . 0.160	0.560 . 0.176	0.963	0.680	1.18	0.86
Goldthorpe	4.96	55.7	± 0.68	1.932 . 1.214 1.034 . 1.000	1.724 . 1.498 1.160 . 1.210	0.878 . 0.214	0.564 . 0.288	1.030	0.902	1.18	1.82
Svalöf Primus	5.08	53.1	± 1.58	1.952 . 1.128 1.074 . 0.990	1.848 . 1.364 1.184 . 1.152	0.878 . 0.138	0.664 . 0.192	0.895	0.978	0.87	1.41
Svalöf Svanhals	4.56	54.0	± 1.69	1.887 . 1.193 1.030 . 0.997	1.747 . 1.250 1.167 . 1.050	0.776 . 0.196	0 648 . 0.310	0.962	0.754	1.08	1.02
Hanna	4.20	51.0	± 0.76	1.928 . 1.236 1.040 . 1.056	1.760 . 1.176 1.104 . 0.936	0.857 . 0.196	0.580 . 0.200	1 010	0.810	1.18	0.96
Svalöf Hanna	4.02	47.0	± 1.00	1.882 . 1.292 1.056 . 1.022	1.810 . 1.296 1.220 . 1.082	0.888 . 0.180	0.556 . 0.240	1.060	0.807	0.50	1.18
Svalöf Prentice	4.74	47.8	+ 2.85	1.916 . 1.228 1.140 . 1.032	1.880 . 1.314 1.233 . 1.004	0.826 . 0.270	0.590 . 0.214	0.917	0.968	1.13	1.48
Gesamt Mittel	4.84	52.64		1.925 . 1.262 1.076 . 1.030	1.782 . 1.287 1.188 . 1.068	0.849 . 0.232	0.594 . 0.219	1.056	0.882	1.342	1.156
Mittel ohne Plymage	4.62	51.4						0.977	0.843	1.017	1.247

3. Roggen
Versuchsreihe I.

Petkuser	4.41	49.3	± 0.895	1.574 . 1.142 1.016 . 0.902	1.400 . 1.178 1.022 . 0 952	0.558 . 0.240	0.378 . 0.226	0.610	0.528	0.780	0.684
Probsteier	2.92	44.4	± 1.740	1.544 . 1.196 0.984 . 0.942	1.336 . 0.992 1.108 . 0 900	0.550 . 0.254	0.228 . 0 092	0.720	0 607	0.890	0.247
Imperial	3.02	42.7	± 0.141	1.416 . 1.116 0.890 . 0.820	1.350 . 1.084 0.944 . 0.868	0.526 . 0.296	0.406 . 0.216	0.680	0.912	0.772	0 542
Prof. Heinrich	3.17	45.0	± 0.219	1.532 . 1 084 0.980 . 0 840	1.416 . 1.128 1 012 . 0.896	0.552 . 0.244	0.404 . 0,232	0.660	0.542	0.672	0.628
Champagner	3.08	46.3	± 1.075	1.402 . 1.012 0.926 . 0.780	1.292 . 1.084 0.940 . 0.852	0.476 . 0.232	0.352 . 0.232	0.550	0.470	0.496	0.522
Hess. Stauden	3.06	43.1	± 1.065	1.424 . 1 110 0.784 . 0.820	1 396 . 1.122 0 862 . 0·946	0 640 . 0.290	0.534 . 0.176	0.740	0.666	0.752	0.613
Gesamt Mittel	3 27	45.15		1.482 . 1.108 0.930 . 0.851	1.365 . 1.098 0.981 . 0.902	0.552 . 0.257	0.384 . 0.196	0.665	0.662	0.719	0.539

3. Roggen
Versuchsreihe II.

Aderstedter	4.47	60.5	± 1.56	1.670 . 1.280 1.066 . 0.988	1.626 . 1.316 1.188 . 1.062	0.604 . 0.292	0.438 . 0.254	0.85	0.69	1.22	1.09
Schlanstedter	4.21	62.4	± 1.54	1.730 . 1.244 1.094 . 0.884	1.628 . 1.314 1.206 . 1.062	0 636 . 0 360	0.422 . 0.252	0.93	0.61	1.25	1.12
Petkuser	4.01	60.1	± 0.96	1.592 . 1.104 1.018 . 0.804	1.502 . 1.244 1.132 . 1 012	0.574 . 0.300	0.370 . 0.232	0.74	0.57	0.79	0.85
Probsteier	2.97	62.2	± 2 05	1.568 . 1.172 0.986 . 0.824	1.440 . 1 190 0.974 . 0 914	0.582 . 0.248	0.466 . 0.276	0.80	0.65	0.96	0.83
Pirnaer	2.94	64.5	± 1.46	1.762 . 1.082 0.982 . 0.792	1.614 . 1.150 1.256 . 0.882	0.780 . 0.290	0.358 . 0.278	0.89	0.59	0.85	0.71
Zeeländer	2.81	57.6	± 2.19	1.590 . 1.142 0.902 . 0.824	1.548 . 1.220 1.120 . 0.876	0 688 . 0.318	0.428 . 0.344	0.84	0.71	0.84	1.01
Buhlendorfer	3.39	52.2	± 2.13	1.592 . 1.154 0 998 . 0.812	1.686 . 1.186 1 178 . 0.922	0.594 . 0.342	0.508 . 0.264	0.80	0.63	0.85	0.84
Gesamt-Mittel	3.54	59.93		1.643 . 1.168 1.007 . 0.847	1.578 . 1.231 1.150 . 0.961	0.636 . 0.321	0.428 . 0.270	0.836	0.636	0.966	0.921

Tabelle I.

Kulturen b_1 **4. Hafer.**

Sorten:	g	I			M		d mm		d mm	^2w (mm)		Fl (Kol) mm²		Fl mm ²	Ja		
		Kol.	Mes.	Ges.	Kol.	Mes.	Basis	Spitze	Mes. Mitte	Basis	Spitze	Basis	Spitze	Mesok.	Basis	Spitze	Mitt.Mes
Ligowo	4.31	53.2	8.3	61.5			1.504.1.224 0.840.0.848	1.424.1.008 0.986.0.782	1.348.1.100	0.664.0.376	0.438 0.226	0.888	0.522	1.170	1.110	0.485	0.880
Heines Trauben	3 79	56.6	2.8	59.4	± 0.75	± 0.58	1.432.1.080 0.746.0.732	1.246.1.048 0.780.0.820	1.112.0.948	0.684.0.348	0.468.0.228	0.782	0.524	0.826	0.742	0.492	0.463
Anderbecker	4.16	44.0	5.2	49.2	± 3.12	± 0.93	1.612.1.228 0.964.0.828	1.424.1.020 1 060.0.804	1.372.0.904	0.648.0.400	0.364 0.216	0.930	0.460	0.973	1.200	0.470	0.522
Leutewitzer	3.69	47.3	6.4	53.7	± 1.58	± 0.65	1.503.1.174 0.834.0.797	1.389.1.189 0.931.0.880	1.400.1.062	0.669.0.377	0.458.0.309	0.870	0.652	1.166	0.987	0.831	0.827
Strubes	3.85	62.6	8.8	71.4	± 2.09	± 1.36	1.564.1.268 0.864.0 940	1.366.1.200 1.020.0.828	1.422.1.064	0.700.0.328	0.346.0.372	0.920	0.625	1.186	1.230	0.880	0.846
Gesamt-Mittel	3.96	52.74	6.3	59.04			1.523.1.195 0 850 0 829	1.370.1.093 0 955.0.823	1.331.1.016	0.673.0.366	0.415.0.270	0.873	0.556	1.064	1.054	0.631	0.708

Tabelle II. b) in Erde unter Lichtabschluss. (Kulturen b_2)

Hafer (Kulturen b_2)																		
Ligowo	4.30	68.7	40.8	109.5	± 5.12	± 8.4	1.584 . 1.193 0.823 . 0.803	1.450 . 1.123 0.962 . 0.801	1.285 . 0.984	0.761 . 0.390	0.488 . 0.322	0.966	0.700	0.993	1.100	0.770	1.22
Leutewitzer	3.69	55.3	32.4	87.7	± 11.7	± 12.5	1.444 . 1.444 0.764 . 0.748	1.288 . 1.124 0.848 . 0.824	1.128 . 0.836	0.680 . 0.696	0.440 . 0.320	1.190	0.510	0.740	1.970	0.668	0.66
Heines Trauben	3.79	58.2	37.2	95.4	± 16.4	± 14.9	1.424 . 1.108 0.804 . 0.824	1.484 . 1 224 0.884 . 0.984	1.248 . 0.948	0.620 . 0.284	0.600 . 0.240	0.720	0.762	0.930	0.730	0.823	1.06
Anderbecker	4.16	46.4	50.4	96.8	± 7.2	± 9.4	1.572 . 1.144 0.752 . 0.784	1.428 . 1.148 0.852 . 0.844	1.208 . 0.808	0.820 . 0.360	0.576 . 0.304	0.950	0.722	0.768	0.974	0 960	0 63
Strube	3.85	69.2	28.0	97.2	± 6.1	± 12.8	1.488 . 1.228 0.800 . 0.884	1.384 . 1.128 0.928 . 0.864	1.280 . 1.024	0.688 . 0 314	0 456 . 0.264	0.902	0.598	1.028	1.046	0.678	1.37
Gesamt-Mittel	3.69	59.56	37.76	97.32			1.502 . 1.223 0.789 . 0.811	1.407 . 1.104 0.895 . 0.863	1.230 . 0.920	0.713 . 0.412	0.512 . 0 286	0.945	0.658	0.892	1.165	0.780	0 99

Weizen (Kulturen b_2)	g	l	M	d		2 w		Fl (mm²)		Ja	
				Basis	Spitze	Basis	Spitze	Basis	Spitze	Basis	Spitze
Beseler Square head	4.6	85.2	± 12.20	1.608 . 1.080 0 884 . 0.864	1.376 . 1.160 0.920 . 0.868	0.824 . 0.216	0.456 . 0.292	0.853	0.626	0.715	0.754
Cimbals Elite Square head	4.4	91.0	± 3.10	1.388 . 1.180 0.880 . 0.820	1.396 . 1.120 0.868 . 0.964	0 508 . 0.360	0.528 . 0.156	0.719	0.569	0 878	0.592
Strubes Square head	4.3	82.0	± 1.90	1.328 . 1.168 0.808 . 0.896	1 576 . 1.120 0 920 . 0.884	0.520 . 0.372	0.656 . 0.236	0.646	0.742	0.755	0.775
Buhlendorfer braunk. „	5.1	92.0	± 3.05	1.524 . 1.172 0.884 . 0 844	1.304 . 1.0 4 0 868 . 0.840	0.640 . 0.328	0.436 . 0 208	0.810	0.538	0.950	0.562
Hallets Pedigree W.	5.6	82.2	± 1.93	1.784 . 1.152 0.912 . 0.684	1.624 . 1.204 0.992 . 0.920	0.872 . 0 468	0.632 . 0.284	1.120	0.822	1.100	1.080
Rimpaus Bastard W.	4.7	74.2	± 12.60	1.560 . 1.056 0.916 . 0.744	1.488 . 1.144 0.968 . 0.844	0.644 . 0.312	0.520 . 0.300	0.760	0.696	0.710	0.812
Moldsred prolific W.	4.0	89 8	± 13.90	1.540 . 1.200 0.800 . 0.920	1.442 . 1.164 0.844 . 0.864	0.740 . 0.280	0.598 . 0.300	0.863	0.768	1.002	0.848
Nordstrand Landw.	4.2	97.2	± 1.05	1 464 . 1.254 0.870 . 0.968	1.500 . 1.288 0.920 . 1.056	0.594 . 0.286	0.580 . 0.232	0.790	0 747	1.050	1.056
Fürstenfelder Landw.	3.4	87.0	± 22 80	1.376 . 1.052 0.748 . 0.728	1.200 . 0.968 0.860 . 0 812	0.628 . 0.324	0.340 . 0.156	0.711	0.364	0.642	0.330
Märkischer „	5.2	82.2	± 1.53	1 692 . 1.212 0.864 . 0.868	1.636 . 1.228 0.912 . 0.960	0.848 . 0.344	0.724 . 0.268	1.030	0.888	1.194	1.080
Straubinger „	4.2	75.0	± 1.92	1.652 . 1.080 0 920 . 0.812	1.432 . 1.088 1.048 . 0.832	0.732 . 0.278	0.384 . 0.256	0.818	0.538	0.782	0.642
Gesamt-Mittel	4.52	85.3		1.538 . 1.147 0.862 . 0.832	1.452 . 1.143 0.919 . 0.886	0.676 . 0.315	0 530 . 0.335	0.820	0.662	0.880	0.780

Tabelle III.

Ausbildung der Koleoptile

bei verschiedener Intensität der Belichtung (u. versch. Saattiefe)

a) = Töpfe in der Sonne

b) = Erdkästen im Schatten.

1. Weizen (Nordstrand) g = 4.10

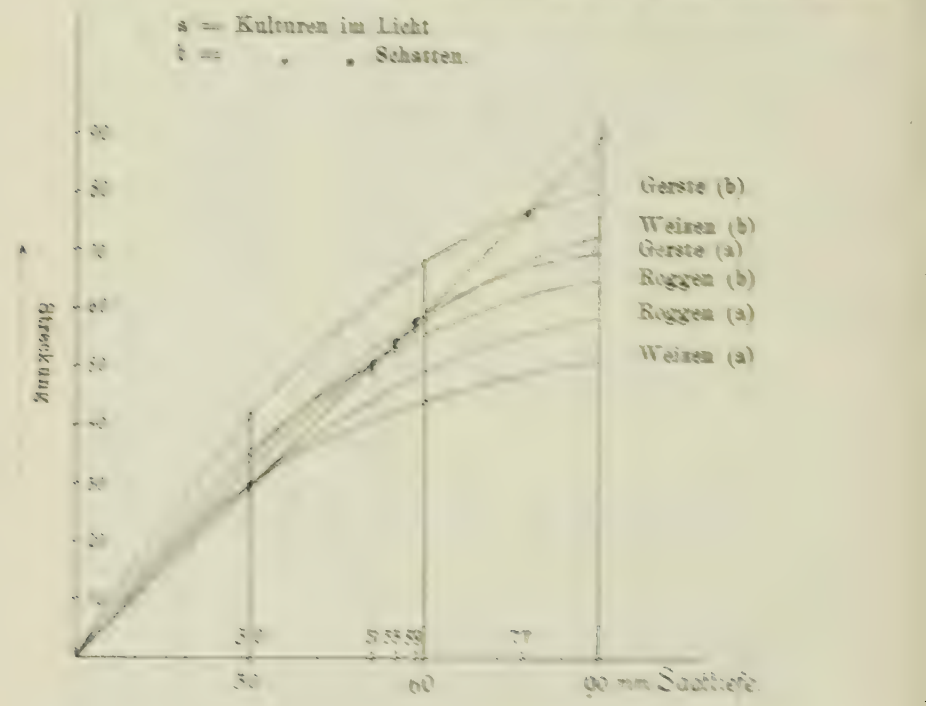
Saattiefe cm	Belichtung		l	M	d (mm)		2 w (mm)		Fl (mm²)		Ja	
					Basis	Spitze	Basis	Spitze	Basis	Spitze	Basis	Spitze
3	a		30.0	± 0.707	1.64 . 1.12 0.76 . 0 77	1.45 . 1.24 0 78 . 0.84	0.88 . 0.35	0.67 . 0.40	0.98	0.90	0.97	1.12
„	b		32.0	± 0.644	1.77 . 1.21 0.84 . 1.89	1.63 . 1.21 0 87 . 0.91	0.93 . 0.32	0.86 . 0.30	1.09	0.93	1.25	1.05
6	a		43 8	± 0.833	1.80 . 1.22 0.80 0.85	1.51 . 1.17 0.78 . 0.93	1.00 . 0.57	0.73 . 0.24	1.17	0.82	1 36	0.88
„	b		58.1	± 1.525	1.67 . 1.12 0.84 . 0.84	1.48 . 1.16 0.85 . 0.88	0.83 . 0.28	0.63 . 0.28	0.91	0 68	0.90	0 85
9	a		51.5	± 1.805	1.80 . 1.00 0.69 . 0.74	1.23 . 1 02 0.72 . 0.72	1.31 . 0.36	0 51 . 0.30	1.02	0.66	0.75	0.51
„	b		72 4	± 1.954	1 74 . 1.18 0.83 · 0.86	1.46 . 1 04 0.85 . 0.80	0.91 . 0.32	0.61 . 0.24	1.05	0.66	1.14	0.59
2. Gerste	**(Primus)**	g = 5.09										
3	a		34.0	± 1.87	1 88 . 1.19 0.84 . 0.94	1.77 . 1.32 0.96 . 1.18	0.84 . 0.25	0.81 . 0.14	0.97	0.93	1.07	1.22
„	b		46.8	± 0 94	1 86 . 1.15 0.90 . 0.92	1.82 . 1.33 1.00 . 1.11	0.96 . 0.23	0.82 . 0.22	1.03	1.03	1.04	1.42
6	a		58.6	± 1.05	1.72 . 1.16 1.07 . 0.91	1.66 . 1.26 1.04 . 1.03	0.65 . 0 25	0.62 . 0 23	0.81	0.79	0.92	1.35
„	b		68 7	± 0.82	1.82 . 1.40 0.93 . 0.90	1.82 . 1.40 1.04 . 1.06	0 89 . 0.55	0.78 . 0.34	1.34	1.14	2.10	1 86
9	a		59.0	± 2.07	1.80 . 1.37 1.01 . 1.00	1.70 . 1.36 1.14 . 1.07	0.79 . 0.37	0.56 . 0.29	1.15	0.87	1.77	1.42
„	b		88 0	± 1.75	1.79 . 1.15 0.99 . 0 87	1.70 . 1.30 0.96 . 1.00	0.80 . 0.28	0.74 . 0.30	0.94	0.99	1.06	0.87

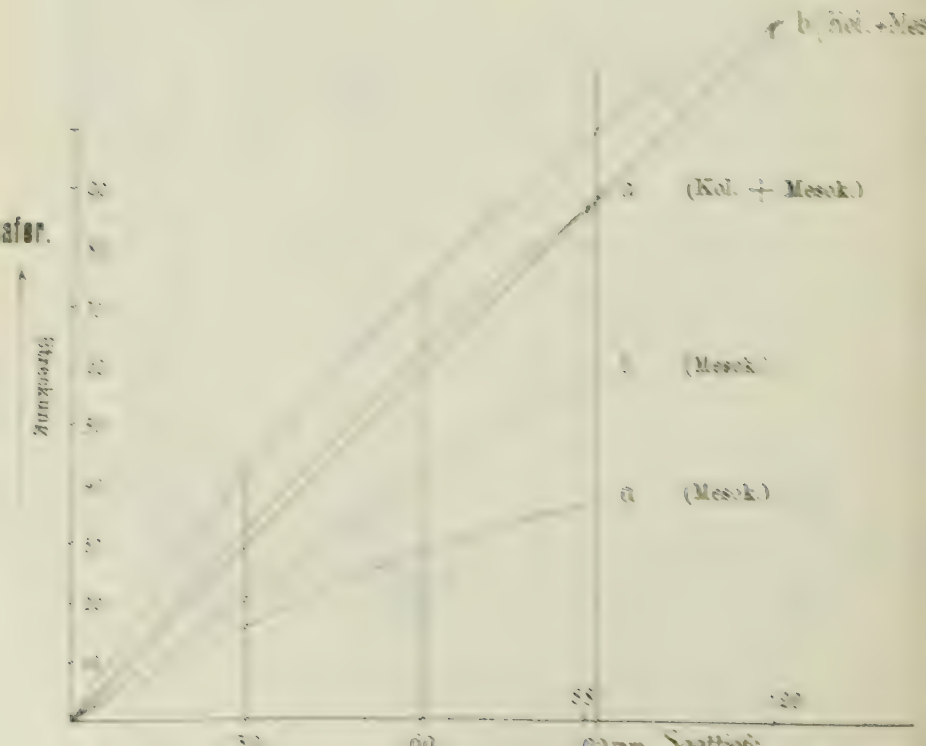
3. Roggen	(Schlan-stedter)											
3	a	30.0	± 0.447	1.60 . 1.11 0.99 . 0.81	1.56 . 1.11 1.07 . 0.89	0.61 . 0.30	0.49 . 0.22	0.77	0.61	0.82	0.83
»	b	35.0	± 0.880	1.63 . 1.18 0.98 . 0.83	1.58 . 1.13 1.11 . 0.87	0.65 . 0.35	0.47 . 0.26	0.87	0.64	0.72	0.63
6	a	47.8	± 0.644	1.72 . 1.36 1 05 . 0.99	0.88 . 0.68 0.69 . 0.55	0.67 . 0.87	0.19 . 0.13	1.01	0.55	1.05	1.24
»	b	45.4	± 0.706	1.63 . 1.12 0.91 . 0 79	1.54 . 1.07 1.12 . 0.81	0.72 . 0.33	0.42 . 0.26	0.86	0.57	0.76	1.36
9	a	52.0	± 2.140	1.82 . 1.26 1.24 . 0.97	1.78 . 1.28 1.08 . 0.96	0.58 . 0.29	0.70 . 0.32	0.89	0.89	1.58	1.04
»	b	64.7	± 2.470	1.68 . 1.24 1.04 . 0.90	1.57 . 1.10 1.24 . 0.87	0.64 . 0.34	0.33 . 0.23	0.89	0.51	0.82	0.63

4. Hafer (Fichtel-gebirgs.) D = 3.53	Beilicht.	1			M		d			2 w		Fl (Kol.)		Fl(Mes.)	Ja	Ja	Ja
		Kol.	Mes.	Ges.	Kol.	Mes.	Basis	Spitze	Mesok	Basis	Spitze	Bas.	Spit.	Mitte	Basis	Spitze	(Mes.)
3	a	14.0	1.61	30.1	± 0.530	—	1.64 . 1.10 0.80 . 0.79	1.48 1.19 0.86 . 0.84	—	0 84 . 0.31	0.62 . 0.35	0.92	0.62	—	0.82	0.98	—
»	b	21 0	41.9	62.9	± 0.520	—	1.48 1 06 0.70 . 0.74	1.50 . 1.04 0.86 . 0.78	—	0.78 . 0.32	0.64 . 0.26	0.82	0.70	—	0.73	0.62	—
6	a	33.8	29.1	62.9	± 0.546	± 0.826	1.53 . 1.12 0.72 . 0.79	1.50 . 1.18 0.86 . 0.82	1.19 . 0.90	0 81 . 0 33	0.64 . 0.36	0.90	0.83	0.84	0.93	1.09	0.34
»	b	31.2	42.0	73.2	± 0.980	± 1.460	1.60 . 1.24 0 76 . 0.84	1.54 . 1.24 0.82 . 0.81	1.29 0.87	0 84 . 0.40	0.72 . 0.43	1.05	0.91	0.88	1.28	1.23	0.42
9	a	51.5	37.9	89.4	± 0.442	± 2.000	1.52 . 1.16 0.80 . 0.88	1.42 . 1.14 0.88 . 0.85	1.08 . 0.79	0.72 . 0.28	0.54 0.29	0.83	0.68	0.67	0.90	0.78	0.26
»	b	40.8	59.7	100.5	± 0.730	± 1.370	1.54 . 1.21 0.77 . 0.87	1.48 . 1.21 0.86 . 0.83	1.25 . 0.85	0 77 0.34	0 58 . 0.38	0.93	0.85	0.83	1.10	0.84	0.37

Die Längenentwicklung der Koleoptile (u. d. Mesokotyls)

bei verschiedener Intensität der Beleuchtung und verschiedener Saattiefe.





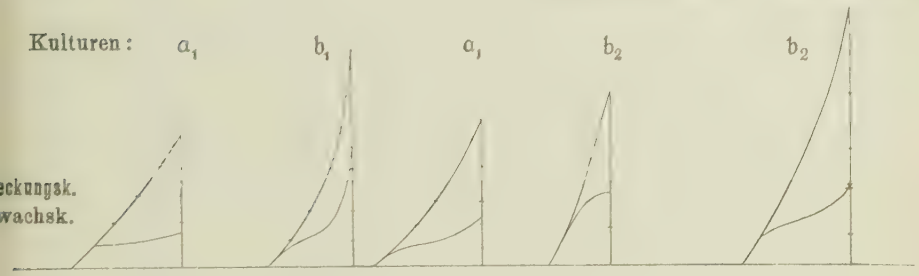
belle V.

Zone der stärksten Streckung.

Frankensteiner Wt.-Wz.

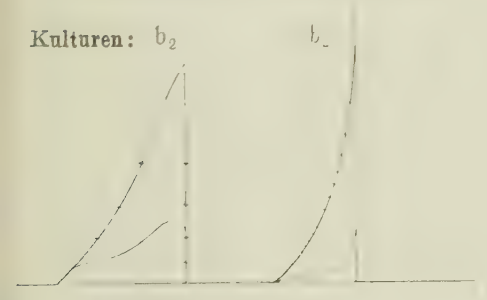
Nordstrand Wt.-Wz.

Kolleoptile
noch nicht durchb. durchbrochen



Petkuser Wt.-Rg.

Koleoptile
noch nicht durchbr. durchbrochen



fer. (Ligowo)

Koleoptile
a) nicht durchbrochen b) durchbrochen c) durchbrochen d) durchbrochen

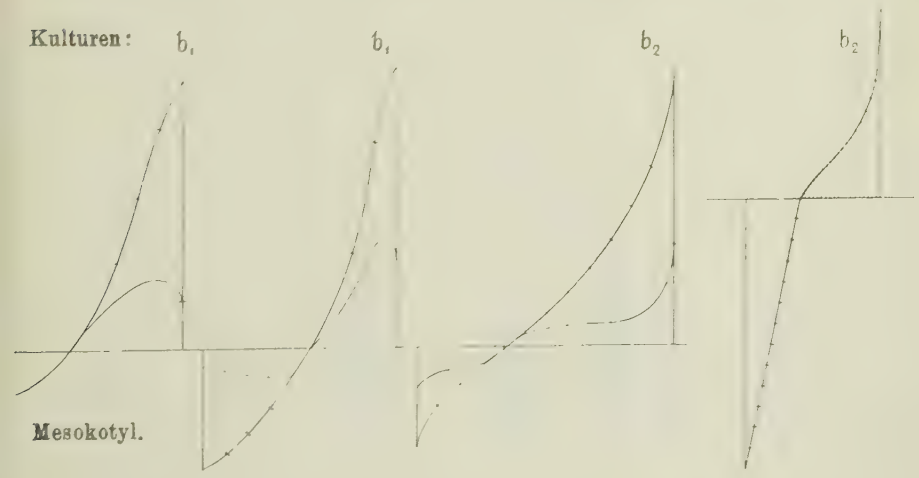


Tabelle VI.

Ausbildung der Koleoptile

bei Keimlingen von Körnern verschiedenen Gewichts.

Winter-Roggen	g	l	M.	d (mm)		2 w (mm)		Fl (mm²)		J_a	
				Basis	Spitze	Spitze	Basis	Basis	Spitze	Basis	Spitze
Petkuser	3.21	49.4	+ 1.83	1.44 . 0.97 0.86 . 0.67	1.29 . 0.97 0.98 . 0.77	0.31 . 0.20	0.58 . 0.30	1.10	0.98	0.52	0.36
„	2.37	46.6	+ 1.21	1.37 . 0.99 0.80 . 0.66	1.33 . 0.92 0.88 . 0.75	0.45 . 0.17	0.57 . 0.28	1.06	0.99	0.45	0.32
Schlaraffen	3.75	61.5	+ 1.06	1.56 . 1.07 1.00 . 0.79	1.54 . 1.11 1.18 . 0.88	0.36 . 0.23	0.56 . 0.28	1.32	1.34	0.69	0.64
„	2.52	52.2	+ 0.84	1.41 . 0.97 1.01 . 0.72	1.28 . 0.90 0.93 . 0.71	0.35 . 0.19	0.40 . 0.25	1.08	0.91	0.52	0.30
Probsteier	2.92	56.5	+ 0.87	1.50 . 1.04 0.91 . 0.72	1.54 . 1.10 1.05 . 0.84	0.49 . 0.26	0.59 . 0.32	1.22	1.33	0.68	0.71
„	2.30	51.8	+ 1.57	1.46 . 1.02 0.95 . 0.75	1.36 . 1.02 0.99 . 0.85	0.37 . 0.17	0.51 . 0.27	1.17	1.09	0.57	0.41

Hafer	g	l		l	M		d (mm)		d	2 w (mm)		Fl (mm²)		Fl.	J_a		J_a
		Kol.	Mes.	Ges.	Kol.	Mes.	Basis	Spitze	Mes. (Mitte)	Basis	Spitze	Basis	Spitze	Mes.	Basis	Spitze	Mes.
Ligowo	4.34	61.0	50.0	111.0	+ 3.07	+ 1.94	1.56 . 1.01 0.68 . 0.65	1.32 . 0.83 0.68 . 0.54	0.99 . 0.74	0.88 . 0.36	0.64 . 0.29	0.89	0.57	0.57	0.71	0.31	1.97
„	3.57	73.0	44.0	117.0	+ 5.06	+ 2.46	1.50 . 0.92 0.74 . 0.60	1.44 . 0.92 0.79 . 0.61	0.99 . 0.79	0.76 . 0.32	0.65 . 0.31	0.74	0.66	0.61	0.49	0.46	2.39
Strubes	3.91	57.0	39.0	96.0	+ 1.94	+ 3.20	1.62 . 1.02 0.77 . 0.72	1.38 . 0.92 0.81 . 0.61	0.92 . 0.72	0.85 . 0.30	0.57 . 0.31	0.86	0.69	0.52	0.66	0.44	1.68
„	3.00	55.3	37.0	92.0	+ 1.90	+ 3.09	1.56 . 0.95 1.01 . 0.72	1.40 . 0.90 0.99 . 0.62	0.83 . 0.60	0.55 . 0.23	0.41 . 0.28	0.59	0.49	0.39	0.47	0.38	0.88
Fichtel-geb.	3.52	48.7	57.9	106.6	+ 2.46	+ 3.08	1.78 . 1.08 0.79 . 0.73	1.50 . 1.04 0.93 . 0.69	0.93 . 0.81	0.99 . 0.25	0.57 . 0.35	0.79	0.64	0.57	0.62	0.53	2.06
„	3.17	36.4	70.9	107.3	+ 1.51	+ 3.42	1.44 . 1.00 0.67 . 0.64	1.35 . 0.99 0.79 . 0.66	0.96 . 0.76	0.77 . 0.36	0.56 . 0.33	0.82	0.68	0.59	0.92	0.67	2.07

Tabelle VII.

Durchwachsungsversuche nach der Methode v. Weinzierl.

Zahl der nach 10 Tagen durch Staniol durchgewachsenen Keimscheiden. (Versuchsbedingungen S. 62) Stannioldicke: 0,00563 mm.

Versuchsbedingungen.	Ligowo-Hafer			Primus Gerste			Petkuser Wt.-Roggen			Strubes Square head		
Entfernung von der Stanniolfläche	1,5	2,0	4,0	1,5	2,0	4,0	1,5	2,0	4,0	1,5	2,0	4,0
a	40	18	—	44	14	—	18	4	—	30	10	—
b	74	12	12	66	28	—	28	21	—	66	38	18
c_1	90	64	38	84	72	20	52	33	24	88	82	58
	Fichtelgebirgs-Hafer			Primus Gerste			Schlanstedter Roggen			Nordstrandweizen		
a	8	6	-	12	8	—	4	—	—	7	6	—
b	40	30	—	48	32	—	20	6	—	80	46	4
c_1	48	42	24	80	72	20	68	36	30	94	78	40
	Fichtelgebirgs-Hafer			Probsteier Gerste			Petkuser Wt.-Roggen			Criewener Wt.-Weizen		
a	18	10	-	14	8	—	23	4	—	74	28	—
b	42	30	14	60	42	8	36	28	—	80	48	—
c_1	58	50	34	76	65	11	60	48	26	94	88	72

a) Bei abgeschwächtem Tageslicht. (Im Zimmer.)

b) Im Dunkeln.

c_1) „ „ u. mit Erdbedeckung (Abstand vom Staniol verschieden.)

c_2) „ „ „ „ „ (Abstand „ „ 1,5 cm)

Tabelle VIII.

Tabelle VIII.

Durchwachsungsenergie der Getreide.

(Versuchsbedingungen c_2)

Gattung und Sorte	Versuchsreihe I	Versuchsreihe II
1. Weizen.		
Strubes Square head . . .	96	98
Frankensteiner Weizen . . .	94	93
Criewener . .	94	94
Cimbals Elite Square head .	86	85
Nordstrand-Weizen . . .	94	—
Mittel:	93	91
2. Gerste.		
Goldthorpe . .	95	90
Primus . . .	92	86
Hanna	85	83
Svanhals . . .	81	80
Princess . . .	74	79
Probsteier . .	76	72
Mittel:	84	82
3. Roggen.		
Schlanstedter .	75	66
Probsteier . .	64	52
Schlaraffen . .	57	44
Petkuser . . .	50	48
Böhm. Geb.-Stauden . .	44	32
Mittel:	58	48
4. Hafer.		
Ligowo . . .	97	85
Leutewitzer Gelb.- . . .	89	83
Beseler II . .	83	80
Strubes Schlan-stedter . . .	84	79
Fichtelgebirgs-Anderbecker . .	78	72
Heines Trauben	73	—
	71	—
Mittel:	82	80